Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Administration du rétablissement
agricole des Prairies

Agriculture and
Agri-Food Canada

Prairie Farm Rehabilitation
Administration

Paysages agricoles des Prairies

Un examen des ressources en sols

Recueil édité par :

Administration du rétablissement agricole des Prairies
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Regina (Saskatchewan)
2000

Coordonnateurs du projet :

Dean G. Smith
Terrie A. Hoppe

Canada

©Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2000

Distribué par :
Administration du rétablissement agricole des Prairies,
Agriculture et Agroalimentaire Canada
1800, rue Hamilton, bureau 603
Regina (Saskatchewan) S4P 4L2
Tél. : (306) 780-5110
Télec. : (306) 780-5018
Courriel : pfraweb@em.agr.ca

La version électronique est disponible en français à
www.agr.ca/pfra/pub/pallandf.pdf

Electronic version available in English at
www.agr.ca/pfra/pub/pallande.pdf

Paysages agricoles des Prairies : un examen des ressources en sols

ISBN 0-662-84460-2
N° de catalogue : A98-3/4-2000F

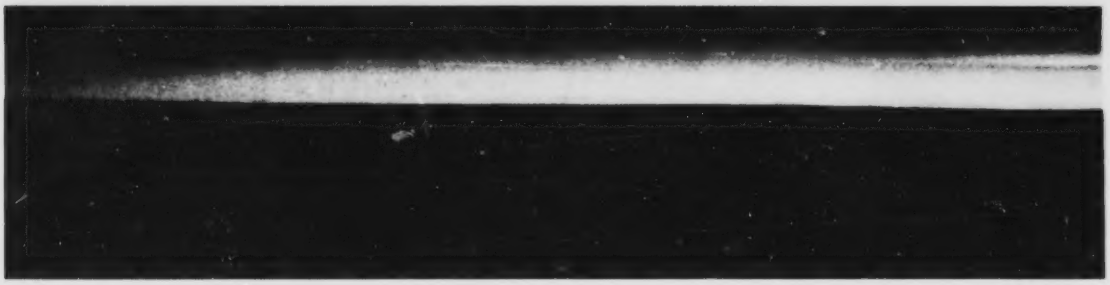
Distribué en anglais sous le titre :
Prairie Agricultural Landscapes: A Land Resource Review

ISBN 0-622-28574-3
Catalogue No. A98-3/4-2000E

1. Sol, Utilisation agricole du—Provinces des Prairies 2. Agriculture—Aspect de l'environnement—Provinces des Prairies. I. Canada. Administration du rétablissement agricole des Prairies.

HD256.P72 2000 333.7609712 C00-982000-0

This publication is available in English under the title
Prairie Agricultural Landscapes: A Land Resource Review



Remerciements

Paysages agricoles des Prairies : un examen des ressources en sols est le fruit du travail et du dévouement de nombreuses personnes. Nous tenons à remercier de leur contribution les auteurs, le comité de consultation, ainsi que bon nombre des employés de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies.

Le comité de consultation, composé d'agriculteurs et d'universitaires, ont donné une orientation pragmatique au projet intitulé *Paysages agricoles des Prairies : un examen des ressources en sols*. Leur contribution a permis de tenir compte du point de vue des agriculteurs et de l'industrie et de leurs besoins en information. Malgré leur emploi de temps chargé, les membres du comité de consultation ont pris le temps de revoir les textes, d'assister aux réunions et de discuter du projet avec d'autres intervenants de l'industrie agricole. Nous sommes reconnaissants à l'égard des membres du comité de consultation, qui ont fourni une aide et une orientation précieuses :

Darwin Anderson, professeur, Université de la Saskatchewan, Saskatoon (Saskatchewan)
Lorne Crosson, agriculteur, Limerick (Saskatchewan)
Zenneth Faye, agriculteur, Foam Lake (Saskatchewan)
Spencer Hilton, agriculteur, Strathmore (Saskatchewan)
Bernie Kotelko, agriculteur, Vegreville (Alberta)
Wayne Lindwall, directeur, Centre de recherches agricoles de la région semi-aride, Swift Current (Saskatchewan)
Owen McAuley, agriculteur, McAuley (Manitoba)
Alan Ransom, agriculteur, Boissevain (Manitoba)
Ed Tyrchniewicz, professeur auxiliaire, Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba)

Certains cadres de l'ARAP faisaient également partie du comité de consultation. Nous souhaitons remercier tout particulièrement :

Gerry Luciuk, directeur, Service de la gestion des terres et de la diversification
Bernie Sonntag, directeur général
Dean Smith, Division des services analytiques
Cal Straub, directeur, Services techniques
Bernie Ward, directeur, Service des analyses et des communications
Bob Wettlaufer, directeur, Service des opérations régionales

Le projet *Paysages agricoles des Prairies : un examen des ressources en sols* a aussi fait appel aux employés d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Le personnel de l'ARAP, en particulier, a participé à divers comités et groupes de travail afin de vérifier le contenu des passages techniques du manuscrit.

Les employés suivants de l'ARAP ont constitué le comité technique et ont fourni une contribution précieuse :

Malcolm Black, directeur, Conservation des sols, Regina (Saskatchewan)

Marc Bonneau, coordonnateur des ressources en sols, Regina (Saskatchewan)
Merle Boyle, chef de la Section de l'économie, Division des services analytiques, Regina (Saskatchewan)
Brook Harker, spécialiste principal des ressources en sols et en eau, Regina (Saskatchewan)
Bill Harron, chef de l'Unité du SIG, Regina (Saskatchewan)
Terrie Hoppe, analyste des politiques, Regina (Saskatchewan)
Brant Kirychuck, chef de la gestion des grands pâturages, Regina (Saskatchewan)
Paula Brand, spécialiste des ressources en sols et en eau Calgary (Alberta)
Glen Shaw, directeur p.i., région du Nord de la Saskatchewan, Saskatoon (Saskatchewan)
Jim Tokarchuk, coordonnateur des projets de conservation des ressources en sols et en eau, Winnipeg (Manitoba)
Laurie Tollefson, directeur, Centre de recherche sur la diversification de l'irrigation Canada-Saskatchewan, Outlook (Saskatchewan)
Lawrence Townley-Smith, agronome principal, Regina (Saskatchewan)
Mark Wonneck, hydrologue régional, Regina (Saskatchewan)
Jill Vaisey, directrice, Division de la planification stratégique, Regina (Saskatchewan)

Le travail du comité de mise en page et d'édition a permis d'obtenir un document lisible et attirant. Nous aimerions souligner la contribution des employés de l'ARAP suivants :

Karen Benjaminson, spécialiste de district de la conservation des sols, North Battleford (Saskatchewan)
Brad Fairley, chef de l'Unité de la qualité des eaux, Regina (Saskatchewan)
Bob Gillis, directeur de district, Beausejour (Manitoba)
Terrie Hoppe, analyste des politiques, Regina (Saskatchewan)
Dave Kiely, directeur p.i. de la région du Nord de l'Alberta et de la Colombie-Britannique, Edmonton (Alberta)
Brant Kirychuk, chef de la gestion des grands pâturages, Regina (Saskatchewan)
Dave Owens, agent des projets, Section des services en communication, Division des communications, Regina (Saskatchewan)
John Sharpe, chef de la distribution et du développement, Centre de distribution de brise-vent, Indian Head (Saskatchewan)

Nous voulons également souligner le travail d'édition de Kevin Hursh (Hursh Consulting and Communications), de Bonnie Stephenson, de Dave Owens (ARAP), de Dean Smith (ARAP), et des divers réviseurs éparpillés au Canada, dont le nom paraît à la fin du rapport.

Nous souhaitons remercier tout particulièrement Carol Donhauser (JADE Systems Inc.), responsable de la conception et de la mise en page du document.

De par sa capacité organisationnelle et son souci du détail, Terrie Hoppe a contribué énormément à la réussite du projet.

Le travail de Dean Smith, directeur de la Division des services analytiques, doit être souligné. Dean a relevé le défi d'assurer la gestion du projet. Grâce à sa vision et à sa détermination, un groupe hétérogène de personnes a été réuni et a réalisé la publication du présent document. Ce document fournira à l'ARAP une orientation stratégique en ce qui concerne l'utilisation des ressources en sols, autant maintenant qu'à l'avenir.

Bernie Sonntag, Ph. D.
Directeur général de l'ARAP

Photo: Dave Reede

Sommaire

Contexte

L'étude intitulée *Paysages agricoles des Prairies : un examen des ressources en sols* a été conçue dans le but de faciliter l'orientation et la direction des futurs programmes et activités de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) qui portent sur l'exploitation durable des terres, notamment en ce qui concerne les terres agricoles saines et productives.

La conservation des ressources et la viabilité économique sont les clés de la prospérité à long terme de l'industrie agricole et des zones rurales des provinces des Prairies. En ce qui concerne l'évolution des paysages agricoles dans les Prairies, les facteurs économiques sont les moteurs du changement et alimenteront la demande des produits primaires et transformés.

Le Conseil canadien de commercialisation agroalimentaire (CCCA) a fixé à l'industrie agricole un défi important. En effet, le CCCA a demandé aux agriculteurs, aux transformateurs et aux gouvernements d'accroître considérablement les exportations agricoles et agroalimentaires du Canada d'ici 2005 jusqu'à ce qu'elles représentent 4 % du marché agroalimentaire global. Les exportations se répartiraient à 40 % en produits primaires et à 60 % en produits transformés.

On s'attend à ce qu'une partie importante de l'accroissement de la production primaire proposé par le CCCA soit générée dans les Prairies, qui renferment plus de 80 % des terres agricoles du Canada. Cette hausse de l'activité de production et de transformation dans la région des Prairies posera de nombreux défis relativement à la gestion durable des ressources.

Pour réaliser l'objectif, on prévoit faire appel à une meilleure gestion des cultures, à l'intensification de l'activité agricole, à la réduction de la jachère et à l'exploitation de terres fragiles sur le plan écologique. Cette évolution de l'industrie agricole et agroalimentaire devra être évaluée en tenant compte de facteurs économiques, sociologiques et écologiques.

État des ressources en sols et en eau

Érosion des sols

L'érosion des sols est la redistribution des sols par le vent, l'eau et le travail du sol. Une bonne partie des Prairies subit l'influence de ces trois facteurs. Il en résulte une diminution de la productivité du sol et un accroissement de la variabilité des sols et des rendements dans les champs, ainsi que la dégradation de l'environnement (réduction de la qualité de l'air et de l'eau).

L'incidence de l'érosion sur les rendements et la productivité des sols est considérable. L'érosion enlève au sol les fractions qui facilitent l'apport des éléments nutritifs et contribuent au maintien d'un milieu physique propice à la croissance des végétaux. L'érosion prononcée des sols entraîne une réduction de la zone disponible aux racines, ce qui réduit davantage l'accessibilité des éléments nutritifs et de l'eau.

Une meilleure gestion des résidus de la récolte par le

semis direct a permis de réduire considérablement le risque d'érosion (sans toutefois l'éliminer). L'ARAP a déterminé que plus de 50 % des champs assujettis à une récolte annuelle dans les Prairies sont exposés au risque d'érosion tous les ans. La réduction du travail du sol à l'automne et de la jachère ainsi que les techniques de semis direct ont permis de diminuer la période durant laquelle les sols sont exposés à un risque élevé. L'érosion demeure néanmoins un risque réel. Des conditions météorologiques extrêmes, comme les grands vents et les averses, peuvent entraîner des dégâts importants sur de vastes superficies, notamment à la suite de plusieurs années de sécheresse.

L'adoption par l'ensemble des agriculteurs des techniques de réduction du travail du sol et de semis direct n'éliminera pas pour autant l'érosion. Les sols seront encore exposés à un risque d'érosion élevé suivant la sécheresse, les maladies, le feu ou la récolte excessive de la paille. Les cultures laissant peu de résidus créent aussi un risque. Il faudra instaurer des pratiques de conservation des sols sur une base permanente pour compléter les techniques de gestion des résidus. De plus, il faudra effectuer des recherches pour déterminer les régions qui sont impropres à la production culturale annuelle et celles qui devraient être protégées au moyen de fourrages vivaces ou de brise-vent.

Salinité

Les sols salins se caractérisent par la présence dans la rhizosphère de sels solubles en concentration suffisamment élevée pour nuire à la croissance de la plupart des plantes. Les sols salins peuvent également réduire la faculté des plantes d'extraire l'humidité du sol. Les effets définitifs dépendent de plusieurs facteurs, notamment la texture du sol, l'espèce et la variété de la plante et la proximité de la rhizosphère par rapport à la source d'eau. En outre, les sols salins entraînent l'enlisement des machines agricoles, la perte d'intrants et les pertes d'efficacité liées au morcellement des parcelles.

La *salinité historique* est attribuable aux conditions géologiques et climatiques à long terme, tandis que les *remontées salines* sont soupçonnées être principalement dues à des facteurs s'étant développés après la colonisation des terres comme le défrichement des Prairies canadiennes et les jachères continues. Lorsque la nappe phréatique se rapproche de la surface du sol, l'évapotranspiration favorise la concentration des sels en surface ou en faible profondeur.

Des méthodes de cultures destinées à contrer la salinité n'ont pas encore été perfectionnées. L'adoption de méthodes qui réduisent l'accumulation de l'humidité du sol au delà des besoins des cultures peut contribuer à freiner ou à maîtriser la salinité. Il s'agit notamment de stratégies de culture sur les terres salines elles-mêmes ou dans des zones ascendantes d'alimentation de la nappe souterraine. La diminution de la nappe phréatique à l'intérieure de la zone saline demeure l'objectif ultime.

L'imagerie par satellite et les photographies aériennes sont régulièrement utilisées pour représenter les terres salines sur des cartes. On utilise également des techniques de levé au sol plus précises. On estime que la superficie totale de terres modérément ou fortement salines (entraînant une réduction de productivité de 50 % dans la région des Prairies) s'élève à 1,4 million d'hectares. De plus, 10 millions d'hectares supplémentaires pourraient être légèrement salinisés.

La gestion des sols salins doit prendre en considération la teneur en sels. Pour être efficaces, les méthodes de conservation et de culture appliquées doivent tenir compte de l'origine et de l'état courant de la salinité d'un champ et de son potentiel de productivité.

Matière organique

La matière organique est un constituant essentiel du sol. Elle permet d'en améliorer la structure, l'état physique, la fertilité et la santé. Les sols sont capables d'emmagasiner le carbone organique et constituent donc un réservoir pour le carbone atmosphérique. La matière organique du sol (MOS) des terres de Prairies représente une part dominante de la quantité totale de MOS recensée au pays et pourrait jouer un rôle important pour freiner les émissions de gaz à effet de serre en emmagasinant le carbone.

Les pratiques de gestion des terres influencent fortement la concentration et la masse de la matière organique contenue dans le sol. Selon des estimations récentes, entre 14 et 40 % de la masse de carbone organique du sol (COS) présente dans les Prairies canadiennes avant le défrichage a disparu depuis la mise en culture des terres. Il faudrait plus de 75 ans pour que la MOS retrouve sa qualité originale dans les terres de la zone de sols bruns, et plus de 150 ans dans les terres de la zone des sols noirs.

Les pratiques qui maximisent l'apport de résidus organiques ou qui minimisent le taux de décomposition et d'érosion de la matière organique permettront de conserver le plus efficacement la MOS. De telles pratiques comprennent

notamment la culture de plantes vivaces, le travail minimum du sol, la réduction des périodes de jachère, l'incorporation du chaume dans le sol et l'optimisation de la productivité en intégrant des légumineuses dans les rotations et en faisant une meilleure utilisation des engrais.

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est un facteur crucial à la santé de tous les être vivants, des poissons aux insectes aquatiques et des animaux sauvages aux humains. Cette qualité varie énormément dans les ruisseaux, les lacs et les rivières à travers les Prairies, à l'instar de la grande diversité du terrain et des façons d'utiliser les terres.

Dans les Prairies, le développement agricole des terres a nécessité le défrichage et le drainage d'importantes étendues et a provoqué l'érosion du sol, le retrait des eaux, la concentration du bétail, l'épandage de fumier et d'engrais de synthèse ainsi que l'application de pesticides. Le développement agricole a eu des répercussions aussi vastes que négatives sur la qualité de l'eau. Parmi les sources agricoles de contamination de l'eau figurent :

- le ruissellement des champs ayant reçu des épandages d'engrais, de pesticides et de fumier
- le ruissellement et les eaux usées des élevages de bétail
- le lessivage dans l'eau souterraine des contaminants appliqués sur les terres.

Aucune évaluation n'a essentiellement été menée au sujet des répercussions écologiques et sanitaires de l'agriculture sur la qualité de l'eau à travers les Prairies canadiennes. Cependant, dans certaines parties des Prairies, les activités agricoles ont eu des effets localisés significatifs, comme en témoignent les dépassements des lignes directrices relatives à la qualité des eaux. Si la signification globale de l'impact de l'agriculture sur la qualité de l'eau à travers les Prairies n'est pas parfaitement comprise, il est généralement admis que plus l'agriculture est intensive dans une zone donnée, plus la qualité des eaux souterraines et de surface est à risque. Il s'agit d'un point important, compte tenu des intentions à l'égard de l'expansion et l'intensification de la production agricole à travers les Prairies.

Zones riveraines

Les zones riveraines constituent des écosystèmes de transition entre les milieux terrestres et aquatiques. Ces zones sont caractérisées par des bandes de végétation luxuriante le long des rivières et des cours d'eau et autour des terres humides. La santé d'une zone riveraine repose sur sa capacité de conserver sa structure globale et d'assumer plusieurs fonctions écologiques importantes. Les zones riveraines offrent un habitat aux poissons et à la faune, dissipent l'énergie des ruisseaux, filtrent les sédiments et les nutriments, stabilisent les berges, stockent l'eau et contribuent à la recharge de l'aquifère et fournissent une végétation luxuriante convenant au broutage du bétail.

Bien que les zones riveraines occupent moins de 5 % des terres, elles hébergent la plupart des espèces fauniques et constituent une source et un refuge importants pour la diversité biologique. Les activités agricoles menées dans les zones riveraines ou à proximité peuvent avoir des incidences négatives sur celles-ci.

On a élaboré des méthodes d'évaluation pour déterminer la santé des zones riveraines; toutefois, peu de travaux ont été accomplis à ce jour à travers

Les zones riveraines fournissent des habitats essentiels aux espèces fauniques des Prairies et constituent d'importantes sources de diversité biologique.

les Prairies. Des études effectuées dans certaines zones en Saskatchewan et en Alberta ont révélé que l'agriculture a contribué à réduire le fonctionnement et la capacité des zones riveraines. Aucune étude aussi poussée n'a été menée au Manitoba, bien que des évaluations qualitatives aient été effectuées dans plusieurs bassins hydrographiques de la province.

Parcours et cultures fourragères

Dans les provinces des Prairies, on compte 23 millions d'hectares de pâturages naturels et cultivés réservés à l'élevage du bétail. Jusqu'à maintenant, peu d'évaluations ou de recensements officiels de l'état de ces terres ont été effectués.

Pour obtenir une estimation de l'état des pâturages, l'ARAP s'est tournée vers des spécialistes de l'évaluation des parcours. L'étude a révélé que plus que la moitié des parcours des Prairies sont dans un état moins que satisfaisant. Dans certaines zones, plus de trois quarts des terres étaient dans un état insatisfaisant.

On pourrait améliorer considérablement l'état global des pâturages en instaurant des régimes de pâturage planifié, assortis de techniques éprouvées de gestion des pâturages. Un tel changement à la gestion des pâturages permettrait d'accroître la production, de réduire le risque d'érosion, de créer des habitats fauniques et de reconstituer les niveaux de carbone dans le sol.

Utilisation des terres et systèmes agricoles

Pour demeurer prospères, les producteurs des Prairies se sont adaptés au climat et aux différents types de sol des Prairies, aux marchés en évolution, à la technologie et aux systèmes de transport. Le rapport entre l'utilisation actuelle des terres et les pratiques agricoles dans les différents pédo-paysages des Prairies peut servir à évaluer le potentiel d'adaptation de ces pédo-paysages en fonction de différents scénarios économiques et environnementaux.

Les caractéristiques des terres limitent les possibilités de changement des systèmes

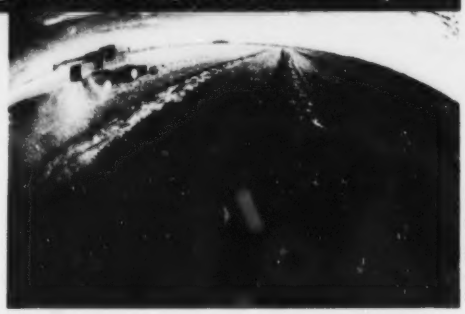


Photo : Dave Reade

On reconnaît depuis longtemps que l'utilisation des terres agricoles est liée aux caractéristiques des terres et que, de plus, la capacité et les possibilités de changement des systèmes agricoles sont limitées par les caractéristiques des terres. Aux fins de l'étude des paysages agricoles des Prairies, on a regroupé les régions caractérisées par des pratiques agricoles et une utilisation des terres semblables. On a ensuite déterminé les types de sol et de paysage propres à chaque groupe afin de cerner les conditions de terrain qui se prêtent à un ensemble donné de pratiques agricoles.

Les groupes de pratiques agricoles ont été définis au moyen d'une analyse statistique des données du recensement de l'agriculture de 1996 récapitulées dans les polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC). On a établi des types de pédo-paysages distincts à partir des données du PPC et on a déterminé la proportion de ces pédo-paysages dans chaque groupe de pratique agricole. La combinaison des données sur les sols et sur l'utilisation des terres a permis d'établir un rapport entre un polygone spécifique du PPC et les questions décrites à la section *État actuel des terres et des ressources en eau* du présent rapport.

Descriptions des groupes de pratiques agricoles

Forte dominance de pâturages

Deux groupes de pratiques agricoles (distingués en fonction de la taille des fermes), dans lesquels plus de 70 % des superficies agricoles totales étaient utilisées pour le pâturage et la production de foin, ont été inclus dans le grand groupe *Forte dominance de pâturages*. Ces zones se trouvent dans les régions plus sèches et aux abords des limites géographiques des régions agricoles et sont formées surtout de terres marginales. Ces groupes constituent des zones très importantes de biodiversité naturelle. En 1996, près des trois-quarts (71 %) des terres agricoles dans le groupe *Forte dominance de pâturages, très grandes fermes* (taille moyenne des fermes supérieure à 540 ha) supportaient un couvert végétal naturel, ce qui représentait un cinquième de toutes les terres agricoles dans les Prairies. Le groupe *Forte dominance de pâturages, petites à grandes fermes* a une plus forte proportion de terres en pâturage et en foin.

Pâturages prédominants
Près de 20 % des terres agricoles des Prairies font partie du groupe *Pâturages prédominants*, dans lesquels entre 40 et 70 % de la superficie agricole totale sert au pâturage ou à la production de foin. L'intensité des intrants variait énormément entre ces deux groupes. Les terres du groupe *Pâturages prédominants, faibles intrants* se trouvent généralement dans les régions plus sèches et dans les régions plus froides et plus humides à la lisière des terres cultivées. Les terres du groupe *Pâturages prédominants, intrants élevés* sont associées aux régions de plus grande productivité.

Cultures prédominantes, jachère importante
Trois groupes de pratiques agricoles ont été admis dans la catégorie *Cultures prédominantes, jachère importante*. Ces groupes se retrouvent dans les zones de sol brun et de brun foncé et les jachères représentent plus de 25 % des terres cultivées. Ces trois groupes se distinguent entre eux sur le plan de la diversité des cultures.

Le groupe *Cultures prédominantes, jachère importante, légumineuses à graines* est situé dans la zone plus fertile de sols brun foncé entre Rosetown et Saskatoon et dans la zone de sols bruns comme ceux que l'on retrouve près de Swift Current. Un quart des fermes de ce groupe cultivent des lentilles, comprenant un pourcentage significatif de légumineuses à graines (6 %). Les oléagineux, notamment le canola et la moutarde, représentaient 6 % des terres cultivées. Le groupe *Cultures prédominantes, jachère importante, graines oléagineuses* est situé presque exclusivement dans la zone des sols brun foncé des régions de Drumheller, de Vulcan et de Warner en Alberta, et d'Unity, de Davidson et d'Estevan en Saskatchewan. Dans les fermes de ce groupe, la plupart de la production annuelle de cultures non céréalières est composée de canola ou de moutarde.

Le groupe *Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants et faible diversité des cultures* occupe principalement la zone de sols bruns, dans la région du sud-ouest de la Saskatchewan et du sud-est de l'Alberta où la rotation blé-jachère se pratique depuis longue date.

Cultures prédominantes, lin
Les groupes *Cultures prédominantes, lin* consacraient des superficies importantes à la culture du lin. C'est dans le groupe *Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage très restreint, haute diversité des cultures*, qui comporte certaines des terres les plus fertiles des Prairies, que l'on retrouve la culture la plus diversifiée et la plus intensive dans les Prairies. Ce groupe a le plus faible pourcentage de terres en pâturage et le plus faible nombre de têtes de bétail par ferme dans les Prairies.

Le groupe *Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage très restreint, haute diversité des cultures* est situé principalement au Manitoba, dans la zone de sols plus variables entourant le groupe mentionné précédemment.

Les sols noirs de la plaine morainique située dans le centre-est de la Saskatchewan dans la région d'Indian Head sont représentatifs du groupe *Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin*. Deux tiers des fermes ayant des terres cultivées ont déclaré des jachères, une proportion supérieure aux autres groupes situés dans des zones de sols semblables.

Cultures prédominantes, jachère restreinte
Les trois groupes *Cultures prédominantes, jachère restreinte* sont caractérisés par des superficies en jachère inférieures à 25 % et ont été répartis en fonction de leur assortiment de cultures. Le groupe *Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants* couvre presque exclusivement la région de la Rivière-de-la-Paix et comprend surtout des terrains plats ou pratiquement plats dans la zone de sols gris foncé et gris. En 1996, 32 % des superficies étaient consacrées aux oléagineux, ce qui ne cadraient pas avec les recommandations en matière de rotation (une fois tous les quatre ans).

Le groupe *Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines*, l'un des plus vastes, est situé dans les régions plus humides des Prairies. Les cultures annuelles sont très diversifiées, les oléagineux et les légumineuses à graines constituant une proportion significative des superficies cultivées.

Les terres du groupe *Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux et céréales* se trouvent principalement dans la zone de sols noirs et sont représentatives des terres agricoles typiques des Prairies. Les superficies cultivées sont surtout consacrées aux céréales et aux oléagineux. Ce groupe comportait le nombre le plus élevé de bovins par ferme parmi tous les groupes de *Cultures prédominantes*, ce qui laisse supposer que la diversification vers l'élevage bovin était plus fréquente que la diversification des cultures.

L'identification des groupes de pratiques agricoles fournit un fondement à partir duquel il est possible de prévoir l'évolution des cultures, des pâturages et de la production de foin dans les Prairies. Chacun des groupes évoluera différemment selon les contraintes de changement exercées par le prix des récoltes, les débouchés, l'évolution du réseau de transport, les percées technologiques et les préoccupations environnementales. Les groupes de pratiques agricoles pourront alors servir à cerner les changements susceptibles de créer des situations néfastes pour les terres agricoles.

Questions relatives à la gestion des terres

Les questions susceptibles d'influencer les changements dans la gestion des terres peuvent être réparties en quatre grandes catégories. Ces catégories sont régies principalement en fonction de considérations publiques, environnementales et communautaires et de celles propres à l'exploitation agricole. Un ensemble spécifique d'éléments moteurs influeront sur les questions individuelles.

Les **questions d'intérêt public** comprennent notamment les questions administratives et juridiques, ainsi que les questions relatives aux accords internationaux. On exercera des pressions sur les ressources en sols et en eaux pour atteindre les cibles d'exportation du CCCPA, tout en tentant de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de conserver la biodiversité naturelle et l'habitat faunique dans les exploitations agricoles.

Photo: Dave Reede

Les **questions liées à l'environnement** comprennent la perception du public envers l'agriculture; la nécessité d'avoir une abondance d'eau, d'air et d'aliments de qualité; la capacité de s'adapter à la variabilité naturelle, notamment les conditions météorologiques et les cycles des ravageurs. Le secteur doit expliquer ses activités et être plus responsable envers le public tout en assurant la subsistance des terres vulnérables et en réduisant les incidences négatives sur l'environnement. Les producteurs doivent trouver un juste milieu entre ces attentes et la nécessité économique de pratiquer leurs activités en tenant compte du risque de pertes de cultures importantes et des forces du marché.

Les **questions d'intérêt communautaire** sont celles liées au changement démographique, aux utilisations concurrentes des terres, aux infrastructures rurales, à l'évolution du transport et aux possibilités d'emploi à l'extérieur de la ferme. Les agriculteurs âgés des Prairies ont peu d'intérêt à accroître leurs superficies. Un bassin de travailleurs ruraux de plus en plus éduqués exigera de meilleurs salaires. Les collectivités rurales continueront de diminuer en taille et en nombre. Les différends liés à l'utilisation des terres par les secteurs ruraux résidentiels et agricoles continueront d'augmenter. Il faudra agrandir et améliorer les installations existantes de production et de transformation. La plupart des agriculteurs devront pouvoir compter sur un emploi à l'extérieur de la ferme.

Les **questions propres à l'exploitation agricole** portent sur la capacité de prendre des risques, la gestion des intrants et des extrants, le régime foncier et les progrès techniques. Le manque d'expérience personnelle liée à la culture sur des sols très variables et les conditions météorologiques, de même que l'accès restreint aux capitaux, auront tendance à favoriser le statu quo dans le domaine de la gestion des terres. Dans la mesure du possible, les producteurs tenteront de réduire les intrants et les coûts associés, tout en accordant une plus grande attention à la santé et à la sécurité.

Le nombre d'exploitations détenues par des propriétaires uniques continue de baisser dans les Prairies. Les contrats de location au comptant à court terme auront tendance à décourager la gestion des terres selon une approche de protection. Les biotechnologies pourraient permettre aux multinationales d'accroître leur influence sur les intrants utilisés par les agriculteurs. Les agriculteurs pourraient être lents à adopter les biotechnologies en raison des préoccupations du public à l'endroit des produits transgéniques. À court terme, l'agriculture de précision sera limitée aux exploitations à grande échelle et aux entreprises d'épandage.

Les cibles de croissance du CCCPA exigeront une diminution des exportations canadiennes de produits primaires en vrac et une augmentation des exportations de produits transformés.

Paysages agricoles des Prairies - un examen des ressources en sols ajoute une analyse régionale unique à l'éventail des études des ressources effectuées dans la région des Prairies au cours des vingt dernières années. Un second document, *Prairie Agricultural Landscapes : Foundations for Growth* (Paysages agricoles des Prairies : bases pour la croissance) cernent les possibilités de croissance et les répercussions de l'expansion agricole sur les ressources en sols. On y indique des approches pour assurer le développement durable à l'avenir.

Table des matières

Chapitre 1 : Introduction 1

Chapitre 2 : Contexte 5

Évaluations antérieures des ressources en sols 7
Adoption de pratiques de conservation 9
Objectifs de croissance 10
Influences sociales 12

Influences mondiales 12
Population des Prairies 12
Influences économiques et politiques 14
Influences environnementales 17

Chapitre 3 : État actuel des terres et des ressources en eau 19

Introduction 19
La qualité des sols 20
L'érosion du sol 21

Effets sur les rendements et la productivité du sol 22
Redistribution du sol dans le terrain 23
Incidence de l'érosion sur la qualité de l'eau 25
Poussières libres 25
Évaluation de l'érosion en plein champ 26
Pratiques culturales qui influencent l'érosion 29
Probabilités d'érosion 32
Conclusion 33

La salinité du sol dans les Prairies 33

Effets de la salinité 34
Causes de la salinité 36
Évaluation de l'étendue géographique de la salinité 38
Conséquences pour la lutte contre la salinité 39
Conclusion 41

La matière organique du sol dans les Prairies canadiennes 42

Fraction dynamique (ou active) de la MOS 42
Influence de la MOS sur les propriétés du sol 43
Évolution de la MOS 43
Mesures : concentration et masse 44
Répartition de la MOS dans le champ et à l'échelle régionale 46
La MOS et l'érosion 47
La fraction dynamique de la MOS comme indicateur des variations de qualité des sols 48
Gérer le taux de matière organique du sol 49
Conclusion 51

La qualité de l'eau 51

Études sur la qualité de l'eau dans les Prairies 53
Éléments nutritifs dans les eaux de surface 54
Éléments nutritifs dans les eaux souterraines 55

Pesticides dans les eaux de surface 56
Pesticides dans les eaux souterraines 57
Pathogènes 57
Sédiments 58
Température 59
Oxygène dissous 59
Sels 60
Métaux lourds 60
Conclusion 61

Les zones riveraines 61

Évaluer les fonctions des terres riveraines 62
Résumé des évaluations 64
Incidence des méthodes de gestion 67

Les parcours et les cultures fourragères 69

Situation actuelle 70
Avantages des parcours et des cultures fourragères 73
Pressions exercées sur les parcours 76
Répercussions des décisions et des méthodes de gestion 78
Conclusion 79

Chapitre 4 : L'utilisation des terres et les systèmes agricoles 81

Introduction 81

Définir les groupes de pratiques agricoles et les terres 85

Pédo-paysages des prairies 87
Analyse des groupes d'utilisation des terres 91
Autres caractéristiques du paysage 93

Description des groupes de pratiques agricoles 94

Grand groupe : forte dominance de pâturages 94
Grand groupe : pâturages prédominantes 102
Grand groupe : cultures prédominantes, jachère importante 106
Grand groupe : cultures prédominantes, lin 110
Grand groupe : cultures prédominantes, jachère restreinte 115

Rapports entre les groupes de pratiques agricoles 120

Chapitre 5 : Questions relatives à la gestion des terres 121

Introduction 121

Questions d'intérêt public 122

Programmes, politiques et lois 122
Accords internationaux 126

Questions liées à l'environnement 128

Perception du public 128
Questions d'intérêt communautaire 132
Questions au niveau de l'exploitation agricole 136
Conclusion 144

Chapitre 6 : Préparer la croissance 151

Les enjeux de la croissance agricole 151

Examen des impacts de l'agriculture sur les ressources fondamentales 152
Examen des tendances et des enjeux agricoles 154
Utiliser les sols selon leur capacité 155
Prochaines étapes 156

Références 157
Auteurs 177
Personnes-ressources 178

Figures

Figure 2.1 Prévision des exportations agricoles et agroalimentaires du Canada 10
Figure 2.2 Population mondiale 12
Figure 2.3 Population des Prairies 13
Figure 2.4 Superficie des fermes dans les Prairies 13
Figure 2.5 Pourcentage de changement démographique 1986-1996 (année de référence 1981) 14
Figure 2.6 Ressources en terres agricoles dans les Prairies : 52 Mha 15
Figure 3.1 Rendements de blé de printemps (comparativement à un sol non érodé) dans un champ dont on a enlevé le sol de surface par couches successives de 1 cm dans 6 champs d'essai de l'Alberta 23
Figure 3.2 Élévation relative d'un bassin versant à l'étude dans l'Idaho 24
Figure 3.3 Taux d'accumulation du sol dans un bassin versant à l'étude dans l'Idaho 24
Figure 3.4 Taux d'érosion du sol dans un bassin versant à l'étude dans l'Idaho 24
Figure 3.5 Le processus de salinisation 34
Figure 3.6 Guide de choix de cultures en fonction de leur tolérance à la salinité 35
Figure 3.7 Courbe de régression des rendements d'orge en fonction de la conductivité électrique 35
Figure 3.8 Index de risque lié à la salinité 40
Figure 3.9 Profils de sol, terre non cultivée et terre en culture 44
Figure 3.10 Changements causés par le travail du sol dans les horizons du sol, la densité apparente et la masse 45
Figure 3.11 Teneur en COS de deux sols présentant des taux très différents au départ 46
Figure 3.12 État de certains cours d'eau du Montana, de l'Idaho et de l'Alberta 66
Figure 3.13 Écozones du Canada 71
Figure 4.1 Utilisation des terres des Prairies 82
Figure 4.2 Nombre de fermes et pourcentage de terres en location dans les Prairies 82
Figure 4.3 Cheptel bovin (veaux inclus) 83
Figure 4.4 Cheptel porcin 83
Figure 4.5 Nombre de volaille 84
Figure 4.6 Superficie de terres irriguées 84
Figure 4.7 Évolution des terres irriguées dans les Prairies 85
Figure 4.8 Pourcentage de fermes dans les Prairies appliquant des pratiques conventionnelles de travail du sol, des pratiques de travail minimum du sol et des pratiques de culture sans labours 86
Figure 4.9 Répartition des pédo-paysages des Prairies en polygones PPC 87
Figure 4.10 Répartition des sols de l'Ouest canadien 88
Figure 4.11 Pourcentage des terres agricoles selon le type d'utilisation dans chaque groupe de pratiques agricoles 96
Figure 4.12 Terres utilisées pour le pâturage et la production de foin dans les groupes de pratiques agricoles à forte dominance de pâturages et à pâturages dominants 105
Figure 4.13 Proportion de terres cultivées (cultures annuelles plus jachère) dans les groupes de pratiques agricoles des cultures prédominantes 107
Figure 5.1 Pourcentage des loyers au comptant du total des coûts de location des exploitations agricoles des Prairies (1956-1996) 142
Figure 5.2 Gestion des exploitations agricoles dans les Prairies (1971-1996) 142

Cartes

Carte 4.1 Paysages agricoles des Prairies – Groupes de pratiques agricoles 98a

Tableaux

Tableau 2.1 Terres marginales en culture annuelle selon la zone pédologique (ha en 1996) 16
Tableau 3.1 Érosion hydrique moyenne (en t/ha/année) mesurée à 5 sites au Manitoba 27
Tableau 3.2 Redistribution du sol (en t/ha/année) par type de sol dans 21 parcelles d'échantillonnage de la Saskatchewan 28
Tableau 3.3 Rendements de blé et report de résidus en kg/ha dans un sol limoneux en rotation continue et culture sans travail du sol près de Swift Current (Sask.) 29
Tableau 3.4 Incidence du travail du sol sur l'érosion du sol (% d'agrégats inférieurs à 0,84 mm) mesurée en octobre dans une rotation de blé en continu et de blé-jachère dans trois types de texture à proximité de Swift Current (Sask.) 30
Tableau 3.5 Quantité de résidus de récolte et pourcentage d'agrégats de plus de 0,84 mm en fonction du travail du sol dans un loam argileux en jachère – Lethbridge (Alberta) 31
Tableau 3.6 Classification de la salinité des sols (dS/m) 35
Tableau 3.7 Tolérance relative des cultures à la salinité 36
Tableau 3.8 Données sur le COS dans l'horizon AP des sols chernozémiques de l'Alberta, par grand groupe 46
Tableau 3.9 Concentration de carbone dans des sols situés le long d'une caténa, à Waldheim (Sask.) 47
Tableau 3.10 Taux de variation du COS à une profondeur de 0 à 30 cm dans les terres agricoles des Prairies canadiennes par province 49
Tableau 3.11 Répercussions des activités agricoles sur la qualité de l'eau 53
Tableau 3.12 Cotes sur la qualité de l'eau et pourcentage de conformité par rapport aux lignes directrices applicable à l'usage récréatif, à la vie aquatique et à l'agriculture dans six importantes rivières de l'Alberta – 1997 55
Tableau 3.13 Cas de non conformité avec les Recommandations canadiennes sur la qualité des eaux 56
Tableau 3.14 Résultats d'analyse de qualité de l'eau pour diverses sources d'eaux de surface et souterraines en Alberta 58
Tableau 3.15 Rendements et rentabilité des changements dans les pratiques de gestion visant à augmenter le stockage du carbone 75
Tableau 4.1 Critères de détermination des groupes de pratiques agricoles 92
Tableau 4.2 Superficies agricoles, nombre de fermes, taille des fermes et intrants des groupes de pratiques agricoles 95
Tableau 4.3 Sommaire de l'utilisation des terres pour l'élevage bovin dans les groupes de pratiques agricoles 95
Tableau 4.4 Sommaire de l'utilisation des terres pour les cultures annuelles dans les groupes de pratiques agricoles 97
Tableau 4.5 Pourcentage des terres agricoles en fonction des classes de risque de salinité, par groupe de pratiques agricoles 98
Tableau 4.6 Couvert végétal permanent, jachère et pratiques de travail minimum (conservation) du sol par groupe de pratiques agricoles 98
Tableau 4.7 Pourcentage des terres cultivées en fonction du degré de vulnérabilité de la qualité des eaux de surface dans les groupes de pratiques agricoles intitulés Cultures prédominantes 99
Tableau 4.8 Végétation indigène dans les groupes de pratiques agricoles 99
Tableau 4.9 Terrains du groupe 3 100
Tableau 4.10 Terrains du groupe 6 101
Tableau 4.11 Terrains du groupe 12 103
Tableau 4.12 Terrains du groupe 9 104
Tableau 4.13 Terrains du groupe 13 106
Tableau 4.14 Terrains du groupe 4 108
Tableau 4.15 Terrains du groupe 1 109
Tableau 4.16 Terrains du groupe 7 111
Tableau 4.17 Terrains du groupe 14 113
Tableau 4.18 Terrains du groupe 15 114
Tableau 4.19 Terrains du groupe 10 115
Tableau 4.20 Terrains du groupe 2 117
Tableau 4.21 Terrains du groupe 8 119
Tableau 5.1 Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres 147
Tableau 5.2 Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres 148
Tableau 5.3 Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres 149
Tableau 5.4 Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres 150

Chapitre 1 : Introduction

La région agricole de l'Ouest canadien est un paysage plein de possibilités. En raison de la croissance de la population et de l'économie mondiales, la demande planétaire pour des produits agricoles continuera d'augmenter. C'est des Prairies que devrait provenir presque toute la production primaire et à valeur ajoutée du Canada qui est nécessaire pour répondre aux demandes futures pour des produits agricoles et agroalimentaires. Le secteur de l'élevage devrait croître considérablement, tandis que la production culturale sera plus diversifiée et intensive. Une plus grande transformation des produits agricoles aura lieu dans les Prairies, à mesure que la région tirera parti des nouveaux débouchés dans un marché mondial en évolution.

Englobant plus de 80 % des terres agricoles du Canada, les Prairies possèdent la base de ressources naturelles nécessaires à la production d'aliments et de fibres en abondance. L'augmentation de la production et de la transformation de produits agricoles dans la région des Prairies offre de nombreuses possibilités aux agriculteurs et aux éleveurs, tout en posant de nombreux défis relatifs à la gestion durable des ressources. La capacité de production des terres qui est nécessaire pour répondre aux besoins futurs reposera sur des pratiques comme la gestion améliorée des cultures et des parcours, l'intensification des rotations culturales, l'utilisation accrue d'intrants agricoles, la réduction des jachères, et la gestion améliorée des terres érodables. Ces possibilités et ces défis qui se présentent au secteur agricole et agroalimentaire doivent être examinés d'un point de vue économique, sociologique et environnemental.

C'est en 1935, en pleine période de sécheresse, qu'a été créée l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) afin d'aider les gens des Prairies à élaborer et à promouvoir des régimes de pratiques agricoles et d'utilisation des terres qui offraient une plus grande sécurité économique. Aujourd'hui, l'étude Paysages agricoles des Prairies (PAP) aidera l'ARAP à se préparer à l'expansion importante et à

Partout dans l'Ouest canadien, la production végétale se diversifie et s'intensifie à mesure que les producteurs tentent de tirer parti des nouveaux débouchés.

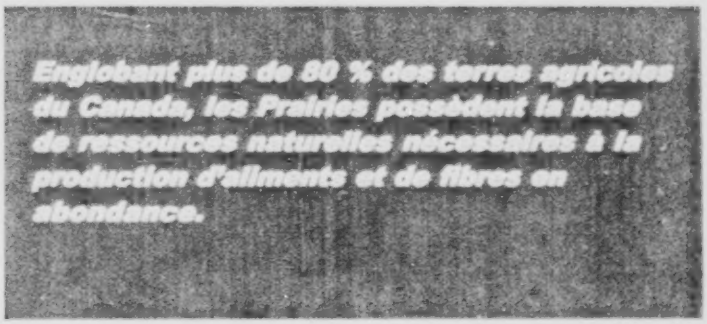
l'adaptation du secteur agricole et agroalimentaire dans les Prairies. Ainsi, l'étude PAP constitue une autre étape de l'engagement continu de l'ARAP à aider les résidants des Prairies à tirer parti des nouvelles possibilités de gestion des ressources en sols de manière productive et durable.

L'étude Paysages agricoles des Prairies a gagné de l'importance lorsque le Conseil canadien de commercialisation des produits agricoles (CCCPA) a annoncé qu'il avait fixé la cible des exportations canadiennes à 4 % des échanges mondiaux de produits agricoles et agroalimentaires d'ici 2005. Le ministre fédéral de l'Agriculture et ses homologues provinciaux ont approuvé cet objectif. Le taux de croissance considérable prévu signifie qu'il faudra intensifier et améliorer les pratiques de gestion des terres pour augmenter la production.

Les résultats de l'étude Paysages agricoles des Prairies serviront de base pour les décisions stratégiques dans le domaine d'activités prioritaires *Amélioration de la qualité des terres dans les régions rurales des Prairies*, qui figure dans le cadre stratégique de l'ARAP. De plus, l'étude PAP tient compte d'une recommandation faite par le vérificateur général dans son rapport (chapitre 24, décembre 1997), à savoir : « *L'Administration du rétablissement agricole des Prairies devrait définir la nature et l'ordre de priorité des enjeux actuels et prévisibles en matière de gestion du sol et de l'eau dans les Prairies et... elle devrait élaborer des objectifs stratégiques dont les conséquences soient mesurables.* »

Alors que l'ARAP étudie comment la qualité des terres et la gestion des ressources favorisent une économie dynamique, croissante et diversifiée dans les Prairies, il est important de reconnaître que la gestion et la bonne intendance des terres privées relèvent de milliers de particuliers. C'est la connaissance, la créativité, les compétences et l'engagement envers la conservation et la gestion des ressources de chaque propriétaire foncier/exploitant qui déterminent la vitalité des paysages agricoles. Du point de vue de l'ARAP, il est donc essentiel d'avoir recours à un groupe consultatif – groupe sélect – comprenant des producteurs, des universitaires et des chercheurs afin de guider l'étude PAP et d'aider l'ARAP à établir des stratégies qui répondent aux besoins des propriétaires fonciers.

L'étude PAP permet à l'ARAP de renouveler son engagement à travailler avec les résidants des Prairies à gérer et à prendre soin des terres agricoles. L'étude a été entreprise au printemps 1998 et a été effectuée en deux étapes distinctes. La première étape, l'analyse de l'information technique, a mis à contribution plus de 20 employés de l'ARAP, de même que des représentants d'autres directions générales d'Agriculture et Agroalimentaires Canada, des gouvernements provinciaux, des universités et d'autres particuliers et organismes. Leurs analyses figurent dans le présent rapport – *Paysages agricoles des Prairies : un examen des ressources en sols*. Le rapport présente un résumé de la situation actuelle de la gestion des ressources en sols dans les Prairies canadiennes. Il comprend une analyse documentaire des régimes de gestion des terres et ajoute une optique régionale unique, fondée sur les unités de paysage, à l'éventail des analyses des ressources publiées au cours des 20 dernières années.

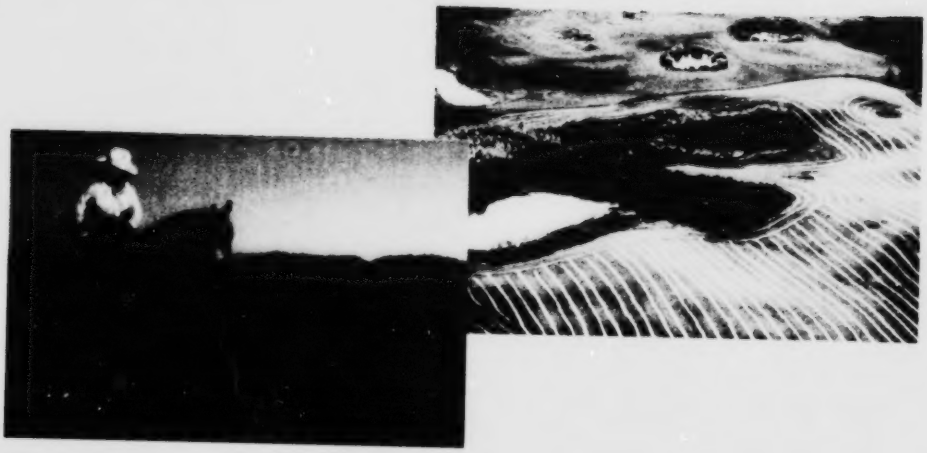


La deuxième étape de l'étude PAP débouchera sur un rapport complémentaire, *Prairie Agricultural Landscape : Foundations for*

Growth (Paysages agricoles des Prairies : Bases pour la croissance). Ce rapport indiquera le potentiel de changement et d'expansion du secteur agricole, la répartition géographique prévue des changements agricoles et les défis associés à la gestion responsable des ressources en sols et en eau.

L'agriculture connaît une période mouvementée. C'est un secteur ayant un potentiel énorme; un secteur pouvant profiter de nouvelles technologies et innovations; un secteur contribuant de façon très importante à la santé économique du Canada. Dans la foulée de L.B. Thompson, pionnier de la gestion des ressources dans les Prairies, l'ARAP doit travailler en collaboration avec les agriculteurs et les éleveurs pour réussir. L'ARAP doit relever les défis qui se posent pour aider le secteur agricole à tirer parti des nombreuses possibilités et pour trouver des solutions relatives à la gestion des ressources. Les gouvernements et les producteurs doivent travailler ensemble pour accroître la productivité des paysages des Prairies, aujourd'hui et à l'avenir.

Chapitre 2 : Contexte



La vision d'avenir de l'ARAP va au-delà de la prévention de la dégradation des ressources; elle vise à améliorer les ressources en sols. Grâce à la collaboration continue entre les organismes gouvernementaux et les propriétaires de terrains privés, les paysages agricoles des Prairies peuvent fournir des ressources en sols et en eau productives et saines. Le rôle de l'ARAP consiste à travailler avec les habitants des Prairies à l'édification d'une économie rurale forte, à la protection d'un environnement sain et à la promotion d'une qualité de vie élevée.

La Commission Bruntland définit le développement durable comme le développement qui répond aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures de satisfaire ses propres besoins (Commission mondiale sur l'environnement et le développement 1987). Le gouvernement du Canada a intégré cette définition dans ses lois, politiques et programmes. Le concept du développement durable sert de cadre pour gérer l'environnement tout en développant les ressources agricoles.

Dans l'Ouest canadien, les agriculteurs doivent trouver l'équilibre entre le développement des ressources naturelles et leur conservation, tout en fournissant des produits sur un marché mondial concurrentiel. Afin de déterminer si l'agriculture dans les Prairies est viable, il faut tenir compte des coûts de la production agricole pour les générations actuelles et futures. Ces coûts comprennent les répercussions de la production agricole sur l'environnement. Cette optique de l'agriculture est conforme à la stratégie sur le développement agricole soucieux de l'environnement au Canada, qui soutient que : « *Par le truchement de politiques, de programmes et de services d'envergure nationale, le Ministère aide le secteur à maximiser sa contribution aux objectifs économiques et environnementaux du Canada et à assurer une source fiable d'approvisionnement en aliments de qualité à des prix intéressants pour les producteurs, mais aussi pour les usines de conditionnement.* » (AAC, 1997)

Le secteur souhaite que l'agriculture dans l'Ouest du Canada poursuive une voie de développement économique durable. Toute augmentation des extrants doit provenir de changements dans les pratiques agricoles et de technologies qui rehaussent la rentabilité et le rendement écologique de la production agricole. Les paysages agricoles des Prairies englobent les ressources naturelles clés qui sont nécessaires à la production agricole. Quatre-vingt-trois pourcent des terres agricoles au Canada se trouvent dans les Prairies. Le développement agricole dans cette région, de même que les nouveaux modèles d'assolement et les pratiques de gestion agricoles, influeront sur l'orientation globale des changements liés à la qualité des sols, à l'utilisation et à la qualité de l'eau, à la biodiversité et aux émissions de gaz à effet de serre. Il existe des liens importants entre ces questions et la contribution des Prairies au commerce agricole mondial.

À long terme, les agriculteurs devront continuellement faire des choix en matière d'assolement et adapter leurs pratiques de gestion en fonction des conditions économiques émergentes. Bien que les régimes de production employés dans les Prairies aient évolué parallèlement à l'objectif primaire (maximiser les profits), d'autres objectifs, notamment l'amélioration de la qualité de l'environnement, ont pris de l'importance. Le public critique de plus en plus les pratiques agricoles, car il estime qu'elles compromettent le bien collectif. Cependant, sur le plan économique, le secteur agricole est peu encouragé à élaborer ou à adopter des pratiques qui permettent d'aménager des habitats fauniques et des paysages plus pittoresques ou d'améliorer la qualité de l'eau souterraine et de surface, car le prix du marché des produits agricoles ne correspond pas entièrement aux désirs de la société relatifs à la mise en valeur de l'environnement.

La gestion des paysages agricoles des Prairies doit tenir compte de l'incidence des décisions sur la productivité agricole, l'érosion des sols, la qualité de l'eau, l'état des parcours, les zones riveraines et d'autres répercussions extérieures.

Ainsi, l'érosion du sol peut nuire à la qualité des eaux de surface et avoir des répercussions sur les usages récréatifs et domestiques. Même s'il y a divergence d'opinions quant aux répercussions de l'érosion à l'échelle nationale, il existe des écarts considérables entre les régions en ce qui concerne la dégradation des sols et de l'eau et les incidences extérieures de la production agricole. Les sections qui suivent passent en revue les études importantes qui ont analysé l'état des ressources utilisées ou touchées par les régimes agricoles.

Évaluations antérieures des ressources en sols

Au cours des 20 dernières années, on a effectué plusieurs évaluations de la viabilité agricole qui ont porté sur la condition écologique des sols des Prairies, l'impact économique, les débats d'orientation et les solutions proposées. Ces rapports montrent clairement la nécessité de gérer les paysages agricoles des Prairies de manière durable et les exigences de la société relatives à la gestion des terrains privés. De plus, on souligne les avantages économiques et collectifs pour l'ensemble de la société, plutôt que pour les producteurs. Les évaluations mentionnées ci-après permettent de suivre les progrès réalisés en ce qui concerne la détermination des questions, les méthodes de gestion de rechange et l'utilisation viable des terres.

Photo: Dave Reedyk

Le rapport *Soil Conservation Policy: A Backgrounder* conclut que de vastes zones de terres cultivées dans les provinces des Prairies sont touchées d'une manière ou d'une autre par la dégradation du sol et que les progrès techniques visant à améliorer les rendements ont masqué le déclin inhérent de la fertilité des sols cultivés (Fédération canadienne de l'agriculture, 1982). Dans le rapport *Land Degradation and Soil Conservation Issues on the Canadian Prairies, an Overview* (1982), l'ARAP signale que la salinité, l'érosion et l'épuisement de la matière organique sont des questions importantes liées à la dégradation des sols. On estimait qu'environ deux millions d'hectares de terres étaient touchées par la salinité. Les pertes de revenu agricole connexes étaient estimées à 257 millions de dollars annuellement et on prévoyait qu'elles augmenteraient de 10 % par année. Les pertes dues à l'érosion éolienne et hydrique étaient estimées à 368 millions de dollars par an.

Le travail excessif du sol et la culture de terres marginales constituaient les principales sources d'érosion du sol. Les pertes d'azote assimilable par les plantes en raison de l'épuisement des matières organiques ont été évaluées à 121 millions de dollars annuellement.

Le comité permanent du Sénat du Canada sur l'agriculture, les pêches, et les forêts (1984) a révélé que la dégradation des sols était un problème qui s'étendait à tout le pays. Les conclusions et les recommandations contenues dans le rapport ont été pour beaucoup dans la sensibilisation du public canadien aux questions de la dégradation et de la conservation des sols. Cette même année, l'Institut agricole du Canada a rédigé l'ouvrage *Will the Bounty End?*, qui réitérait les conclusions d'études antérieures, c'est-à-dire que la dégradation des sols devait faire l'objet d'une politique nationale, d'aide à la recherche et d'activités de sensibilisation adéquates (Fairbairn, 1984).

Agriculture Canada (1985) a évalué l'état des ressources et a dressé un aperçu de l'avenir en ce qui a trait aux questions de changements des sols, de l'eau et du climat. Son étude conclut que les meilleures terres sont déjà utilisées, que la conversion à des usages non agricoles était importante dans certaines régions du pays, que la qualité globale des terres devrait continuer de se détériorer et que des pressions continueraient d'être exercées afin de convertir des terres non défrichées à la production agricole. Le Conseil des sciences du Canada (1986) a effectué une évaluation scientifique des questions et a recommandé des mesures en matière de directives, de recherche et de sensibilisation du public. Il indique que les pertes attribuables à la dégradation des sols dans les Prairies dépassaient maintenant 1 milliard de dollars par an et qu'elles pourraient atteindre 2,7 milliards de dollars d'ici 20 ans. Le coût cumulatif pour les agriculteurs de l'Ouest en termes de pertes de revenus et d'augmentation des dépenses pourrait être écrasant (si aucune mesure correctrice n'est prise).

Agriculture et Agroalimentaire Canada a établi des liens entre la santé des ressources en sol et la santé à long terme et la compétitivité du secteur agricole (Acton et Gregorich, 1995). En ce qui a trait à la région des Prairies, le rapport révèle que les agriculteurs des Prairies ont adopté des pratiques de conservation du sol qui réduisent les risques d'érosion et de salinisation et qui améliorent la santé des sols. Cependant, le rapport *La santé de nos sols* ne fait aucune mention spécifique sur l'état économique des ressources en sols. Sur le plan économique, le rapport indique que l'utilisation d'engrais doit augmenter, que les agriculteurs doivent continuer d'adopter des technologies de conservation du sol, que des couvertures permanentes doivent être mises en place sur les terres où le risque d'érosion est le plus grave et qu'un éventail de pratiques et de technologies de conservation doivent être employées lorsqu'il existe un risque d'érosion ou de dégradation du sol. Le rapport conclut que : « *Pour faire de l'agriculture durable une réalité concrète, les autorités gouvernementales doivent adopter de nouvelles politiques sur la conservation des sols, reposant sur le principe selon lequel les écosystèmes agricoles font partie d'un environnement plus global. Il est préférable de concevoir les programmes de gestion des sols au niveau de la ferme, en intégrant les pratiques de gestion aux besoins particuliers et locaux du sol.* » (Acton et Gregorich, 1995)

Le rapport *Agriculture and Sustainable Development: Policy Analysis on the Great Plains* traite des questions, politiques et programmes agricoles liés à l'utilisation des terres, à la qualité de l'eau, à l'utilisation de biens communs, aux problèmes sociaux, aux répercussions du commerce, aux changements climatiques et à la biodiversité. On a déterminé que les projets de l'ARAP et le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine respectaient les principes de l'agriculture durable (Tyrchniewicz et Wilson, 1994).

Des projets importants ont été entrepris par le gouvernement fédéral, les provinces, les organismes de protection de la faune et les associations agricoles afin d'aborder spécifiquement les questions de gestion des paysages (Wettlaufer et Brand, 1992). De plus, le mouvement d'abandon des politiques de soutien du revenu, en particulier dans le secteur céréalier, et l'adoption de nouvelles techniques de travail du sol ont entraîné des changements à l'utilisation des terres que, dans l'ensemble, on estime positifs pour l'environnement.

Des nombreuses conclusions que présentent ces rapports, il est clair qu'il est nécessaire de coordonner les programmes de conservation des sols et de l'eau dans les Prairies, de poursuivre les programmes de sensibilisation, d'améliorer les services d'information et de conseils techniques offerts aux producteurs, de continuer les démonstrations sur le terrain effectuées par les associations de conservation locales et de poursuivre la recherche relative à la conservation des sols. Cependant, pour garantir la viabilité à long terme, il faut rehausser le rendement du secteur agricole en abordant de nouvelles questions liées à l'environnement, à la dégradation des sols et à l'utilisation des terres. L'investissement public dans les programmes de gestion des terres des Prairies est essentiel pour assurer le maintien des avantages privés et pour satisfaire l'intérêt public.

Adoption de pratiques de conservation

Outre la rentabilité, de nombreux facteurs influencent l'adoption de pratiques comme le travail de conservation du sol, le contrôle des nutriments et la gestion des pâturages. Des obstacles structurels, notamment la taille et la propriété de la ferme, peuvent décourager l'adoption de certaines pratiques. Ainsi, les agriculteurs ayant un emploi à l'extérieur de la ferme pourraient estimer que l'exploitation d'un moins grand nombre de champs est un avantage du travail de conservation du sol. On doit reconnaître que la diversité des ressources naturelles influe sur l'adoption des pratiques et des technologies. De plus, le risque financier associé à l'adoption de nouvelles technologies peut entraver le taux d'adoption, car les technologies peuvent être liées à des conditions propres à certaines terres. Déterminer les contraintes et les obstacles peut réduire les coûts d'adoption et cibler les politiques publiques peut accroître la viabilité.

Par le passé, les programmes gouvernementaux ont encouragé les propriétaires privés à conserver les ressources en sols et en eau. Plus récemment, l'investissement dans la technologie de gestion de l'environnement a attiré l'attention en raison du potentiel d'augmentation des profits des agriculteurs et d'amélioration du rendement écologique de la production agricole. Cependant, le simple fait qu'une technologie soit disponible ne signifie pas nécessairement qu'elle sera adoptée par les agriculteurs. Jusqu'à ce que les marchés agricoles reconnaissent les avantages écologiques et les coûts associés aux pratiques de conservation, les agriculteurs auront tendance à sous-utiliser ces régimes agricoles.

Dans les Prairies, l'agriculture subit actuellement une transition importante, soit d'un secteur axé sur la production en vrac de céréales à des fins d'exportation à un secteur plus diversifié et intégré verticalement. Les changements dans le transport du grain, la mondialisation du commerce et la mise au point de nouvelles technologies sont les principaux moteurs de cette évolution. Les prix actuels des produits et des intrants et les faibles marges de profit obligent de nombreux producteurs à exploiter plus intensément de plus grandes superficies simplement pour réaliser un profit. Des fermes plus grandes mais en moins grand nombre, des machines plus grosses, des champs plus grands et la tendance croissante à louer des terres montrent qu'il est nécessaire de continuer d'adopter des pratiques de

conservation pour parer au potentiel de dégradation accrue des sols dans les Prairies.

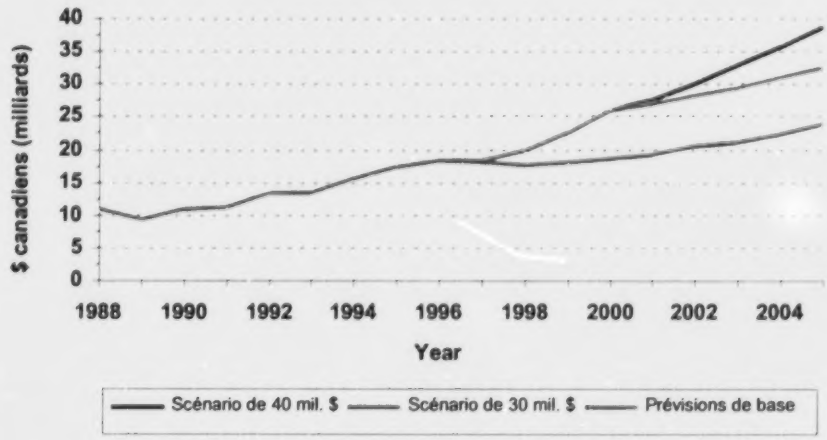
Objectifs de croissance

De nos jours, le plus grand défi que doit relever le secteur agricole est de trouver un équilibre entre la viabilité économique et la gestion des terres pour assurer la conservation des ressources à long terme. Le rapport entre les préoccupations économiques, environnementales et sociales est complexe. À l'avenir, ces forces auront une influence considérable sur la façon dont les agriculteurs détermineront l'utilisation optimale de leurs terres. Comme la viabilité économique est essentielle à toute exploitation, les décisions relatives à l'utilisation des terres que prennent les agriculteurs ne seront peut-être pas toujours optimales à long terme, du point de vue de l'environnement et de la société.

En bout de ligne, les facteurs économiques dicteront les changements à la fois pour les produits primaires et pour les produits transformés. Le Conseil canadien de commercialisation des produits agroalimentaires (CCCPA), groupe de dirigeants des secteurs agricoles, alimentaires et de commercialisation, a fixé une cible agressive pour le secteur agricole. Le CCCPA a invité les producteurs primaires, les transformateurs et les gouvernements à accroître considérablement les exportations agricoles et agroalimentaires du Canada, à environ 4 % des échanges mondiaux par rapport au niveau actuel de 3 %. La faiblesse actuelle des prix pourrait ralentir cette cible de croissance agressive, mais on prévoit que la poussée de croissance se poursuivra.

Selon la cible fixée par le CCCPA, le Canada devrait délaisser les exportations agricoles de produits primaires en vrac et favoriser les produits transformés. La proportion de produits primaires devrait s'élever à 40 % des exportations agricoles du Canada et celle des produits transformés à 60 %. La figure 2.1 indique les cibles de croissance pour les exportations agricoles et agroalimentaires du Canada qui ont été fixées par le CCCPA, par rapport aux prévisions de base d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC).

La croissance nécessaire pour atteindre la cible de commerce proviendra presque entièrement des Prairies. L'augmentation de



Source : Base de données sur le commerce des marchandises de Statistique Canada; calculs effectués par AAC.

Figure 2.1 Prévision des exportations agricoles et agroalimentaires du Canada.

la production et de la transformation des produits dans la région des Prairies signifie une hausse des pressions exercées sur la viabilité des ressources en sols et en eau. L'augmentation des terres cultivées annuellement et l'amélioration des parcours pour respecter ses cibles devraient provenir de nouvelles zones de labour et zones de jachère moins importantes et pourraient donner lieu à des pressions accrues de cultiver des terres érodables (AAC, Direction générale des politiques, Direction de l'analyse économique et politique, 1998)

Sur le plan environnemental, le secteur agricole en expansion, qui prévoit accroître la superficie et la diversité des cultures ensemencées annuellement, exercera des pressions sur le paysage agricole. On estime qu'un million d'hectares de terres au Canada seront défrichées et mises en production pour atteindre les cibles d'exportations agricoles et agroalimentaires fixées (AAC, Direction générale des politiques, Direction de l'analyse économique et politique, 1998). Par comparaison, la Commission canadienne du blé (CCB) prévoit que 400 000 hectares devront être mis en production dans l'Ouest canadien pour répondre à la demande mondiale de céréales d'ici 2007 (Brewin, 1998). Accroître les superficies de cultures annuelles en exploitant des terres marginales actuellement en herbages pourrait avoir des conséquences graves pour l'environnement, notamment la diminution de la qualité du sol, de l'habitat faunique et de la biodiversité. La CCB et AAC estiment que les zones de jachère dans l'Ouest canadien devront être réduites d'environ deux millions d'hectares.

On planifie aussi l'agrandissement considérable du secteur de l'élevage dans les Prairies. La Direction de la politique et de l'analyse environnementales prévoit une augmentation de 5,5 millions de porcs (30 %) et de 700 000 bovins (15 %) pour atteindre la cible d'exportation établie par le CCCPA (AAC, Direction générale des politiques, Direction de l'analyse politique et économique, 1998). Les gouvernements provinciaux, les transformateurs et les associations agricoles appuient ces cibles de croissance agressives. La croissance du secteur d'élevage et de transformation du porc au Manitoba devrait dépasser les prévisions nationales, le nombre d'animaux reproducteurs et les ventes devraient augmenter de 5 % par année (Agriculture et Alimentation Manitoba, 1999). L'ampleur de la croissance et les avantages de l'expansion dépendront, en grande partie, de la durée des tendances, des pratiques de conservation des sols et de l'eau utilisées, de la capacité inhérente des sols et des paysages et du respect de leurs limites. La Canadian Cattlemen Association a également indiqué que les superficies actuelles en cultures fourragères et en pâturages, bien qu'adéquates pour le moment, ne suffiront pour nourrir les troupeaux de base nécessaires à une expansion importante du secteur de l'élevage (Strankman, 1998).

De grandes pressions sur les ressources en sols pourraient être exercées dans d'autres domaines. Il s'agit de l'urbanisation continue, de la production de grains fourragers pour le bétail plutôt que de cultures destinées à la transformation et à l'exportation, de même que la concurrence des terres marginales et de qualité pour le pâturage et les cultures annuelles. Les terres irriguées permettent la culture et l'élevage intensifs et, par le fait même, soutiennent les industries à valeur ajoutée. Cependant, l'expansion des terres irriguées exige un apport important de capitaux et peut avoir des conséquences écologiques.

L'histoire du développement de l'irrigation est longue et variée, commençant par quelques-uns des premiers établissements agricoles dans les zones les plus sèches des Prairies canadiennes. Les ouvrages d'irrigation étaient principalement aménagés dans le sud de l'Alberta et le sud-ouest de la Saskatchewan. Au cours des trente dernières années, des ouvrages importants ont été aménagés dans le centre de la Saskatchewan et le sud du Manitoba (ARAP, 1982; Shady, 1989). Actuellement, plus de 630 000 hectares sont irrigués dans les Prairies, à l'aide de diverses techniques intensives et non intensives et de divers ouvrages privés et organisés (Statistique Canada, 1997). Dans les trois provinces des Prairies, on s'intéresse énormément à l'aménagement continu d'ouvrages d'irrigation et à l'économie accrue des ressources en eau pour répondre aux demandes prévues de grains sur les marchés étrangers et d'aliments pour les animaux sur les marchés intérieurs (Sask Water Corporation, 1995; Gaia Consulting and Werner Research, 1999; Agriculture, Alimentation et Développement rural Alberta, 1999).

Influences sociales

Influences mondiales

Le secteur agricole doit aborder des questions à l'échelle nationale et internationale. Comme il est axé sur l'exportation, le secteur doit demeurer concurrentiel à l'échelle internationale.

Les tendances démographiques (figure 2.2) auront une incidence considérable sur l'agriculture dans les Prairies. Les problèmes de pauvreté, de santé, d'hébergement, de malnutrition, d'éducation et de salubrité des aliments à l'échelle mondiale exerceront des pressions toujours plus grandes sur les terres agricoles marginales et à fort rendement. De plus, en raison de la croissance démographique, on cultivera de plus en plus de terres marginales dans toutes les régions du monde pour la production alimentaire. Les habitations et les infrastructures ont tendance à utiliser les meilleures terres agricoles, ajoutant ainsi à la pression de cultiver des terres marginales.

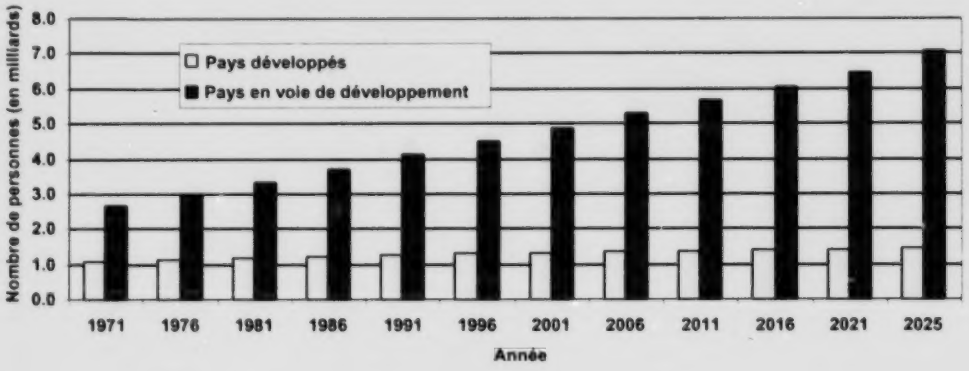
Bien que partout dans le monde on favorise la viabilité de l'environnement, les pressions montantes liées à la production alimentaire, à l'empiétement accru des habitations et des infrastructures sur les terres agricoles et au surpâturage dans de nombreuses régions du monde entravent considérablement l'utilisation des terres. Même si les répercussions de ces tendances sont habituellement plus importantes dans les pays en voie de développement que dans les Prairies canadiennes, il n'en demeure pas moins que les pressions exercées afin d'accroître l'intensité d'utilisation de nos terres augmentent.

Population des Prairies

La figure 2.3 montre les tendances des populations urbaines, rurales et agricoles pour la période allant de 1971 à 1996. Ces tendances sont le résultat de changements économiques et techniques et ont suscité plusieurs problèmes dans les Prairies. Le nombre de fermes et la population agricole baissent depuis de nombreuses décennies. Cette tendance devrait se poursuivre, dictée par les économies d'échelle dans l'approvisionnement des intrants et la restructuration associée des systèmes de manutention et de transport du grain.

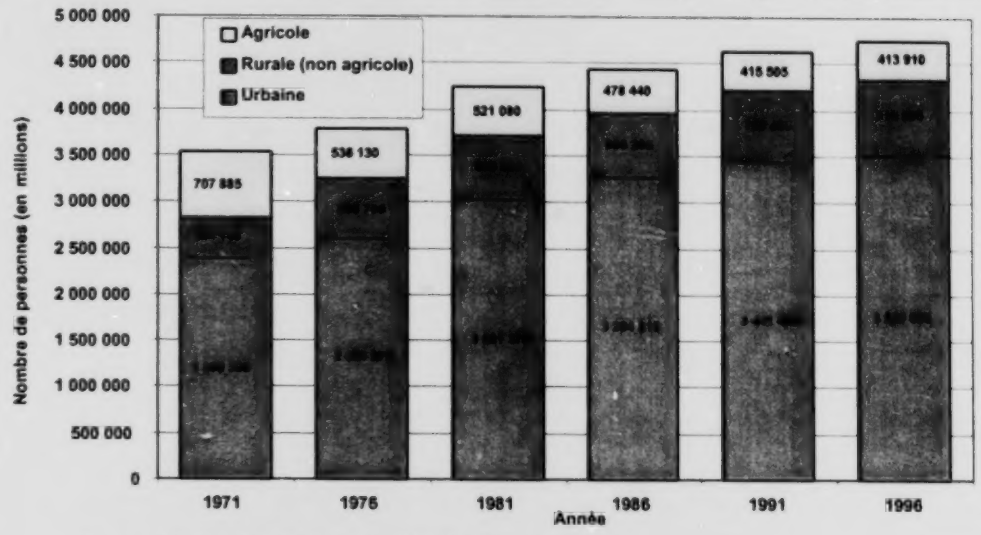
Il est de plus en plus difficile de définir la ferme moyenne. Les tendances générales montrent que la taille de la ferme moyenne augmente constamment. Toutefois, la figure 2.4 indique que le nombre de fermes de taille moyenne diminue rapidement. Cela influe sur la restructuration en cours dans les collectivités rurales ayant des liens économiques et sociaux directs avec l'agriculture. Dans de nombreuses collectivités rurales des Prairies, la réduction du nombre de fermes a influé sur les seuils de population critiques qui sont nécessaires au maintien des services souhaités.

Les trois cartes de la figure 2.5 montrent clairement les



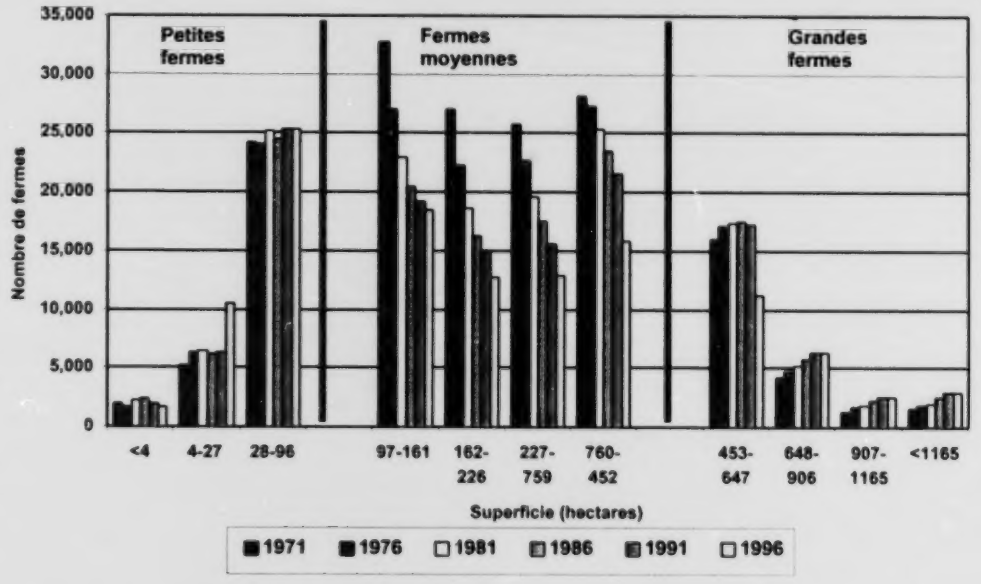
Source : Base de données de la FAO, Division de la population de l'ONU

Figure 2.2 Population mondiale.



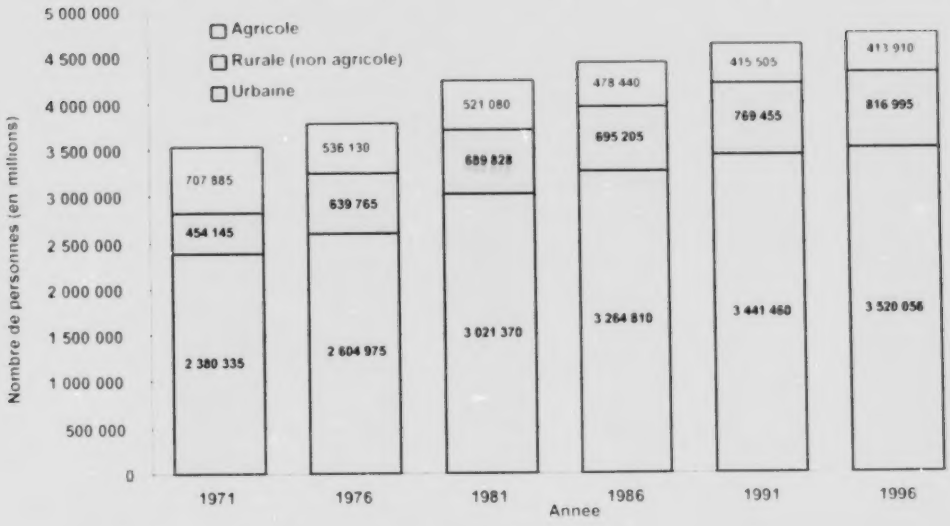
Source : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture de 1996

Figure 2.3 Population des Prairies.



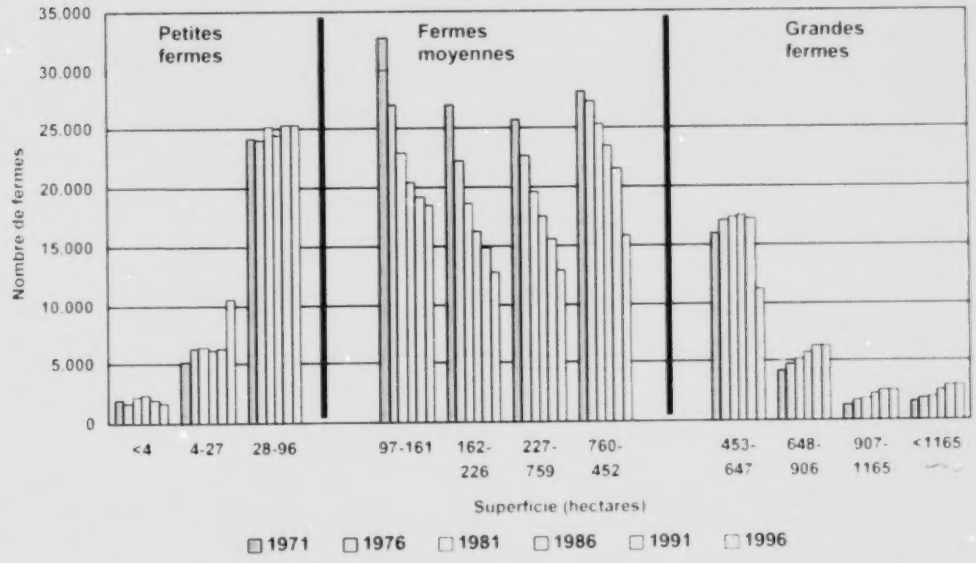
Source : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture

Figure 2.4 Superficie des fermes dans les Prairies.



Source : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture de 1996

Figure 2.3 Population des Prairies.



Source : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture

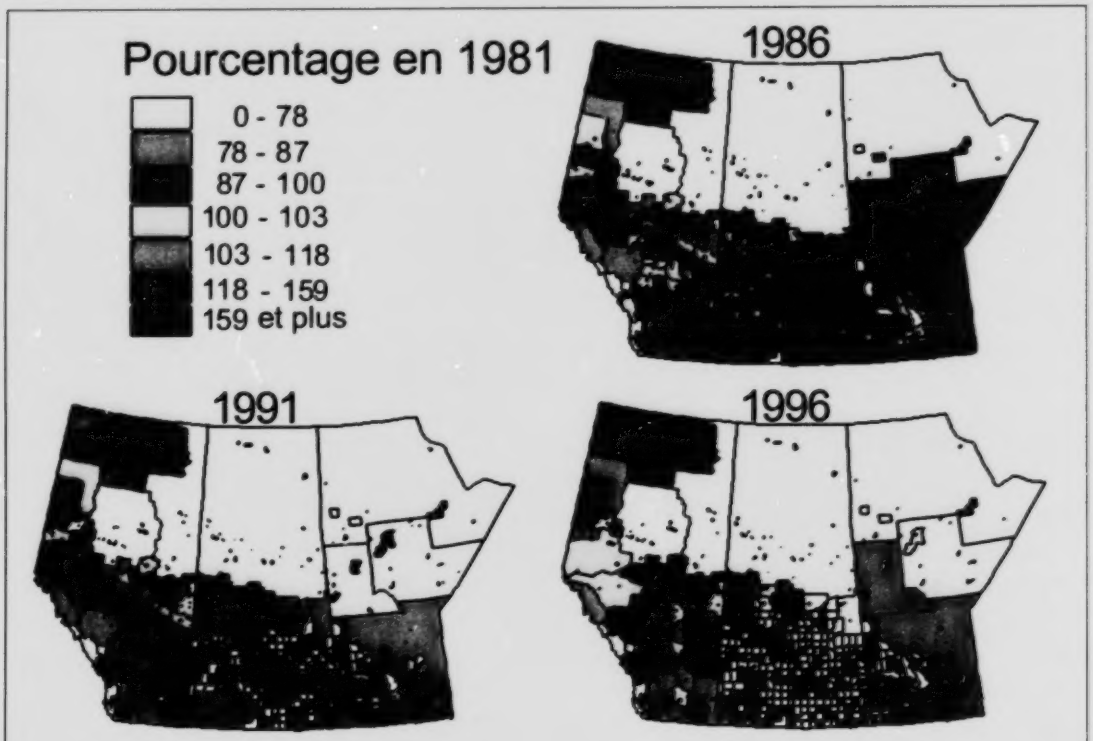
Figure 2.4 Superficie des fermes dans les Prairies.

déplacements de population survenus dans la région des Prairies de 1981 à 1996. Il y a eu un exode rapide des régions rurales de la Saskatchewan vers les régions urbaines de l'Alberta. Ce déplacement influe sur l'assiette d'imposition nécessaire pour soutenir les infrastructures existantes. La fusion des collectivités de même que les réductions connexes des services scolaires, gouvernementaux et de soins de santé rendent difficile le maintien de la masse critique nécessaire pour assurer la viabilité des collectivités. Les centres d'échanges ruraux desservent des régions géographiques plus étendues et, avec le vieillissement de la population rurale, on continue de prévoir le déclin des collectivités rurales à court terme. Les régions rurales près de grands centres urbains constituent l'exception, car les citadins recherchent de plus en plus un mode de vie rural à faible distance des villes.

La stabilité relative dans la catégorie des petites fermes pourrait être attribuable à l'augmentation des exploitations intensives et du nombre d'agriculteurs retraités qui conservent leurs propriétés et leurs domiciles et des exploitations à proximité des centres d'emploi urbains.

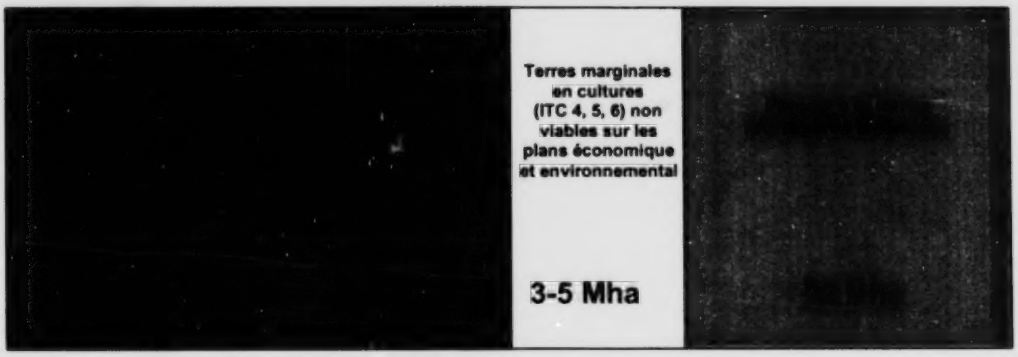
Influences économiques et politiques

La société s'attend à ce que les agriculteurs des Prairies répondent aux demandes concurrentielles du marché mondial tout en fournissant des aliments sûrs, salubres et nutritifs au Canada et à l'étranger. De même, on s'attend à ce que les agriculteurs gèrent leurs terres, leurs intrants d'élevage et de production et les extrants de fumier et d'autres résidus d'une manière qui permette de respecter l'intérêt de la société pour l'environnement. Dans une large mesure, les propriétaires privés assument les coûts



Source : Statistique Canada

Figure 2.5 Pourcentage de changement démographique 1986-1996 (année de référence 1981).



Source: Agriculture et Alimentation Saskatchewan et ARAP, 1995.

Figure 2.6 Ressources en terres agricoles dans les Prairies : 52 Mha.

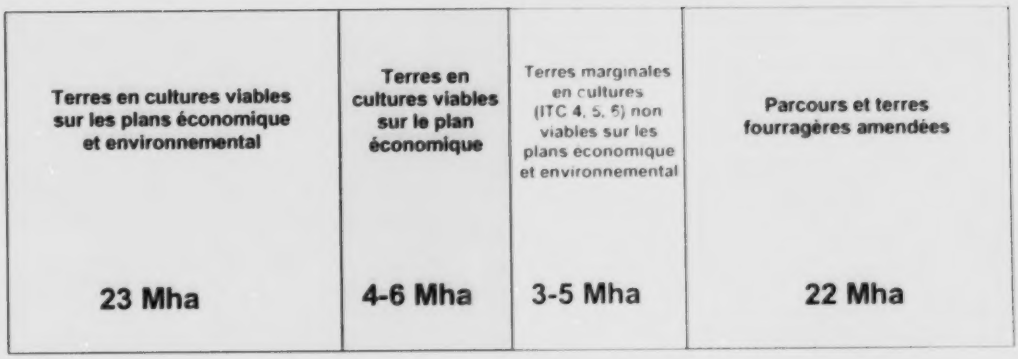
d'utilisation des terres des Prairies liée au *bien collectif*.

La figure 2.6 montre la viabilité des ressources en terres dans les Prairies en ce qui a trait à leur qualité inhérente, à leur utilisation actuelle et aux incidences économiques sur leur utilisation. La figure 2.6 est fondée sur l'évaluation des secteurs de production céréalière et d'élevage des Prairies jusqu'au début des années 1990. Les colonnes de gauche et de droite représentent une utilisation viable des terres, c'est-à-dire l'utilisation des terres en fonction des qualités particulières du sol. Cela comprend 23 millions d'hectares de terres arables dans les meilleures catégories de sols et plus de 22 millions d'hectares de parcours et de terres fourragères, généralement dans les catégories inférieures de sols (Agriculture et Alimentation Saskatchewan et ARAP, 1995).

Les colonnes au centre représentent les terres marginales qui sont définies en fonction de paramètres économiques et environnementaux. Les terres marginales sur le plan économique comprennent environ de 4 à 6 millions d'hectares qui ne génèrent aucun revenu net à long terme. La région visée par cette définition peut changer considérablement d'une année à l'autre, selon les prix dominants des marchandises et les coûts des intrants. Bon nombre de personnes pourraient affirmer que pour les années 1998 et 1999, la région de cultures annuelles non viables sur le plan économique est beaucoup plus vaste. La situation actuelle du revenu agricole influencera vraisemblablement les décisions relatives à l'utilisation des terres au cours des prochaines années.

Dans l'optique de la viabilité, cette étude s'intéresse particulièrement aux 3 à 5 millions d'hectares de terres marginales en cultures annuelles qui ne sont pas rentables ou viables sur le plan économique et environnemental compte tenu de leurs utilisations actuelles. Ces terres sont surtout situées dans les catégories 4, 5 et 6 de l'Inventaire des terres du Canada. En 1997, on a effectué une estimation plus détaillée des 3 à 5 millions d'hectares de terres érodables en cultures annuelles. Les résultats figurent au tableau 2.1.

Même si l'étendu estimatif du problème varie, ce sont les catégories de terres érodables qui ont été ciblées pour la conversion de la production culturale annuelle à des utilisations plus appropriées comme les cultures fourragères et les pâturages. Ce mouvement se manifeste par le Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Le Programme offre notamment les avantages suivants : diminution de la dégradation des sols, amélioration de la qualité de l'eau, rehaussement des habitats fauniques, plus grande séquestration du carbone, réduction des coûts extérieurs liés à l'érosion du sol et réduction des paiements gouvernementaux dans le cadre de programmes axés sur les superficies.



Source: Agriculture et Alimentation Saskatchewan et ARAP, 1995

Figure 2.6 Ressources en terres agricoles dans les Prairies : 52 Mha.

d'utilisation des terres des Prairies liée au *bien collectif*.

La figure 2.6 montre la viabilité des ressources en terres dans les Prairies en ce qui a trait à leur qualité inhérente, à leur utilisation actuelle et aux incidences économiques sur leur utilisation. La figure 2.6 est fondée sur l'évaluation des secteurs de production céréalière et d'élevage des Prairies jusqu'au début des années 1990. Les colonnes de gauche et de droite représentent une utilisation viable des terres, c'est-à-dire l'utilisation des terres en fonction des qualités particulières du sol. Cela comprend 23 millions d'hectares de terres arables dans les meilleures catégories de sols et plus de 22 millions d'hectares de parcours et de terres fourragères, généralement dans les catégories inférieures de sols (Agriculture et Alimentation Saskatchewan et ARAP, 1995).

Les colonnes au centre représentent les terres marginales qui sont définies en fonction de paramètres économiques et environnementaux. Les terres marginales sur le plan économique comprennent environ de 4 à 6 millions d'hectares qui ne génèrent aucun revenu net à long terme. La région visée par cette définition peut changer considérablement d'une année à l'autre, selon les prix dominants des marchandises et les coûts des intrants. Bon nombre de personnes pourraient affirmer que pour les années 1998 et 1999, la région de cultures annuelles non viables sur le plan économique est beaucoup plus vaste. La situation actuelle du revenu agricole influencera vraisemblablement les décisions relatives à l'utilisation des terres au cours des prochaines années.

Dans l'optique de la viabilité, cette étude s'intéresse particulièrement aux 3 à 5 millions d'hectares de terres marginales en cultures annuelles qui ne sont pas rentables ou viables sur le plan économique et environnemental compte tenu de leurs utilisations actuelles. Ces terres sont surtout situées dans les catégories 4, 5 et 6 de l'Inventaire des terres du Canada. En 1997, on a effectué une estimation plus détaillée des 3 à 5 millions d'hectares de terres érodables en cultures annuelles. Les résultats figurent au tableau 2.1.

Même si l'étendu estimatif du problème varie, ce sont les catégories de terres érodables qui ont été ciblées pour la conversion de la production culturale annuelle à des utilisations plus appropriées comme les cultures fourragères et les pâturages. Ce mouvement se manifeste par le Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Le Programme offre notamment les avantages suivants : diminution de la dégradation des sols, amélioration de la qualité de l'eau, rehaussement des habitats fauniques, plus grande séquestration du carbone, réduction des coûts extérieurs liés à l'érosion du sol et réduction des paiements gouvernementaux dans le cadre de programmes axés sur les superficies.

Dans le cadre du Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente, environ 500 000 hectares ont été convertis à des utilisations plus appropriées en vertu de divers contrats d'option. Environ 80 % des terres visées par le Programme servent maintenant à la production de foin et, dans la plupart des cas, il existe un lien solide avec les exploitations d'élevage. En 1994, un sondage mené auprès des participants a indiqué que 80 % des terres du Programme demeureraient sous couverture végétale permanente après l'expiration du contrat (Vaisey *et al.* 1996). Cependant, ces contrats arrivant maintenant à échéance, il sera intéressant, compte tenu du faible prix des marchandises, de voir si l'utilisation des terres changera.

Les producteurs des Prairies doivent tenir compte de tout un éventail de politiques nationales et internationales qui influencent les marchés, les prix des marchandises, le commerce et les questions environnementales. Quant au commerce mondial, il est généralement accepté que l'agriculture des Prairies a tiré un bénéfice net des accords internationaux, comme l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT) et l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), qui ont aboli de nombreuses politiques commerciales restrictives. Ces politiques prenaient surtout la forme de soutien du revenu qui masquait souvent les signaux du marché et qui empêchait les producteurs de réagir et de tirer parti des débouchés.

En plus des accords commerciaux, ces dernières années, le Canada a signé des conventions sur l'environnement qui l'obligent, tout comme les autres pays signataires, à mettre en oeuvre des stratégies et des plans d'action visant l'environnement. C'est notamment le cas de la Convention sur la biodiversité et du Protocole relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Cette poussée environnementaliste se reflète aussi dans les échanges mondiaux – les interventions ciblant l'environnement sont plus acceptables que les programmes axés sur les marchandises. Il est de plus en plus probable que, lors de la prochaine ronde de négociations sur le commerce mondial, les questions environnementales se retrouvent sur la sellette.

Jusqu'à récemment, la politique agricole de la plupart des pays industrialisés, et dans une certaine mesure du Canada, était devenue un mélange complexe de mécanismes de soutien et de stabilisation pour le secteur. Les programmes de soutien du revenu diminuent en réaction aux exigences du GATT et en raison de contraintes financières. L'aide versée par le gouvernement fédéral met maintenant l'accent sur la stabilisation du revenu dans le cadre de programmes comme l'assurance-récolte et le Compte de stabilisation du revenu net. En raison de ce déplacement, les dépenses du gouvernement fédéral pour l'agriculture ont baissé considérablement. Ce déplacement de l'objectif de la politique permet de veiller à ce que les signaux du marché ne soient pas faussés par des programmes de soutien.

Les changements à la politique sur le transport au milieu des années 1990 devraient entrainer des déplacements de production importants ainsi que de nouvelles possibilités de production à valeur ajoutée. L'abrogation de la *Loi sur le transport du grain de l'Ouest* (LTGO) en 1995 a réduit les

Tableau 2.1 Terres marginales en culture annuelle selon la zone pédologique (ha en 1996)

Province	Noir	Brun	Brun foncé	Gris foncé	Gris	Total
Manitoba	218 000	0	0	41 000	20 000	279 000
Saskatchewan	319 000	897 000	615 000	105 000	79 000	2 016 000
Alberta	185 000	293 000	234 000	93 000	135 000	939 000
Total	722 000	1 190 000	849 000	238 000	234 000	3 234 000

Source : ARAP, 1998 (analyse non publiée)

Dans le cadre du Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente, environ 500 000 hectares ont été convertis à des utilisations plus appropriées en vertu de divers contrats d'option. Environ 80 % des terres visées par le Programme servent maintenant à la production de foin et, dans la plupart des cas, il existe un lien solide avec les exploitations d'élevage. En 1994, un sondage mené auprès des participants a indiqué que 80 % des terres du Programme demeureraient sous couverture végétale permanente après l'expiration du contrat (Vaisey *et al.* 1996). Cependant, ces contrats arrivant maintenant à échéance, il sera intéressant, compte tenu du faible prix des marchandises, de voir si l'utilisation des terres changera.

Les producteurs des Prairies doivent tenir compte de tout un éventail de politiques nationales et internationales qui influencent les marchés, les prix des marchandises, le commerce et les questions environnementales. Quant au commerce mondial, il est généralement accepté que l'agriculture des Prairies a tiré un bénéfice net des accords internationaux, comme l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT) et l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), qui ont aboli de nombreuses politiques commerciales restrictives. Ces politiques prenaient surtout la forme de soutien du revenu qui masquait souvent les signaux du marché et qui empêchait les producteurs de réagir et de tirer parti des débouchés.

En plus des accords commerciaux, ces dernières années, le Canada a signé des conventions sur l'environnement qui l'obligent, tout comme les autres pays signataires, à mettre en oeuvre des stratégies et des plans d'action visant l'environnement. C'est notamment le cas de la Convention sur la biodiversité et du Protocole relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Cette poussée environnementaliste se reflète aussi dans les échanges mondiaux – les interventions ciblant l'environnement sont plus acceptables que les programmes axés sur les marchandises. Il est de plus en plus probable que, lors de la prochaine ronde de négociations sur le commerce mondial, les questions environnementales se retrouvent sur la sellette.

Jusqu'à récemment, la politique agricole de la plupart des pays industrialisés, et dans une certaine mesure du Canada, était devenue un mélange complexe de mécanismes de soutien et de stabilisation pour le secteur. Les programmes de soutien du revenu diminuent en réaction aux exigences du GATT et en raison de contraintes financières. L'aide versée par le gouvernement fédéral met maintenant l'accent sur la stabilisation du revenu dans le cadre de programmes comme l'assurance-récolte et le Compte de stabilisation du revenu net. En raison de ce déplacement, les dépenses du gouvernement fédéral pour l'agriculture ont baissé considérablement. Ce déplacement de l'objectif de la politique permet de veiller à ce que les signaux du marché ne soient pas faussés par des programmes de soutien.

Les changements à la politique sur le transport au milieu des années 1990 devraient entraîner des déplacements de production importants ainsi que de nouvelles possibilités de production à valeur ajoutée. L'abrogation de la *Loi sur le transport du grain de l'Ouest* (LTGO) en 1995 a réduit les

Tableau 2.1 Terres marginales en culture annuelle selon la zone pédologique (ha en 1996)

Province	Noir	Brun	Brun foncé	Gris foncé	Gris	Total
Manitoba	218 000	0	0	41 000	20 000	279 000
Saskatchewan	319 000	897 000	615 000	105 000	79 000	2 016 000
Alberta	185 000	293 000	234 000	93 000	135 000	939 000
Total	722 000	1 190 000	849 000	238 000	234 000	3 234 000

Source : ARAP, 1998 (analyse non publiée)

recettes des producteurs d'environ 577 millions de dollars par année. À long terme, des gains d'efficacité dans les systèmes de transport et de manutention du grain devraient contrebalancer en partie ces pertes. Les producteurs de l'est de la Saskatchewan et du Manitoba subissent des pressions additionnelles liées aux changements apportés aux comptes de mise en commun de la Commission canadienne du blé. Au fil du temps, ce changement d'orientation pourrait entraîner le délaissement de la production de céréales destinées à l'exportation au profit de grains pour l'alimentation du bétail et les cultures fourragères pour le pâturage.

Les changements aux politiques sur le commerce et sur le transport devraient avoir un effet bénéfique pour l'environnement à long terme, tandis que l'élimination de la politique sur le grain d'exportation devrait bénéficier au secteur de l'élevage. Cela devrait mener à une utilisation plus viable des terres érodables pour les cultures fourragères ou le broutage du bétail. Le déplacement à long terme des grains vers les cultures fourragères, les pâturages et l'élevage dépendra de la rentabilité relative et des infrastructures sur la ferme.

Le commerce international du boeuf et du porc est très important pour les provinces des Prairies. Les secteurs bovin et porcin comptent énormément sur l'exportation d'animaux vifs et de boucherie, car le marché intérieur est petit en comparaison à la production du secteur. À plus long terme, on s'attend à une augmentation des animaux d'engraissement dans les Prairies en raison de l'avantage comparé du prix des grains fourragers et de l'abrogation de la LTGO. En particulier, le secteur porcin connaît actuellement une période d'expansion rapide et on prévoit des hausses importantes dans toutes les provinces des Prairies au cours des cinq prochaines années.

Influences environnementales

Dans les provinces des Prairies, on s'intéresse considérablement aux changements climatiques, en particulier aux négociations ayant mené récemment au Protocole de Kyoto. Le secteur agricole pourrait être touché par les changements climatiques et, en même temps, faire partie de la solution d'atténuation (Environnement Canada, 1997; Institut international du développement durable, 1998; AAC, Direction générale de la recherche, 1998).

La prépondérance de la preuve suggère que les changements climatiques sont attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles, au déboisement et aux activités industrielles et agricoles. Il en résulte une augmentation des concentrations des gaz à effet de serre (GES), surtout du dioxyde de carbone, du méthane et de l'oxyde nitreux. Dans l'ensemble, il se produit un réchauffement progressif de l'atmosphère et on prévoit une augmentation de la température moyenne à l'échelle mondiale de 1 à 4 degrés Celsius au cours du prochain siècle.

Le secteur agricole est responsable de 9,5 % des émissions de gaz à effet de serre du Canada, y compris moins de 1 % du dioxyde de carbone, 38 % du méthane et 61 % de l'oxyde nitreux. L'oxyde nitreux a 310 fois plus d'impact que le dioxyde de carbone en tant que gaz à effet de serre, tandis que le méthane a 21 fois plus d'impact que le dioxyde de carbone (AAC, 2000). Le Protocole de Kyoto stipule que le Canada doit réduire ses émissions de GES à 6 % en-dessous des niveaux de 1990 d'ici 2010 (AAC, 2000).

Le secteur agricole est une source d'émission de plusieurs

GES et représente un réservoir potentiel de CO_2. Actuellement, le Protocole de Kyoto ne reconnait pas les sols comme un réservoir de GES, mais le Canada négocie afin que les sols soient officiellement reconnus.

C'est pour le carbone que le potentiel de réservoir est probablement le plus grand et c'est un domaine où les scientifiques estiment qu'il est possible de réaliser le plus de progrès. Il y a toujours des pertes de carbone des sols agricoles, mais des changements aux pratiques de gestion des sols ont progressivement réduit ces pertes. Les pratiques de gestion qui permettent de réduire les pertes de carbones comprennent le travail réduit du sol, la jachère restreinte, la conversion des terres cultivables marginales à une couverture végétale permanente et la gestion des pâturages dans les zones riveraines. On prévoit que, dans un avenir rapproché, les sols des Prairies ne constitueront plus une source de pertes de carbone, mais un réservoir net (Bruce *et al.* 1998).

Le secteur de l'élevage représente la principale source agricole de méthane. Les méthodes d'atténuation de la production du méthane comprennent l'amélioration de l'indice de conversion alimentaire chez les ruminants et l'amélioration de la gestion du fumier.

L'oxyde nitreux est potentiellement le plus important participant à l'effet de serre du secteur agricole. On pourrait réduire les émissions par l'application optimale, opportune et précise des engrais et par la manutention et l'entreposage améliorés du fumier.

Les changements climatiques et ses effets possibles sur l'agriculture dans les Prairies canadiennes préoccupent de plus en plus. Les prévisions révèlent que, en raison des changements climatiques, le sud des Prairies pourrait se réchauffer davantage que le reste de la planète et enregistrer des étés plus longs, plus chauds et plus secs. Même si la hausse des températures rallongera la saison de croissance, la manque d'humidité et les infestations plus graves d'insectes pourraient réduire les rendements potentiels de 10 à 30 %. Il y aura une augmentation proportionnelle de la demande pour l'irrigation et la gestion de l'eau. Selon la qualité des sols, l'agriculture pourrait prendre de l'expansion dans le Nord. Toutefois, les sols dans la zone agricole périphérique du Nord sont plus fragiles.

Bien que la société, les gouvernements et les autorités internationales puissent influencer les décisions des propriétaires de terrains individuels, ils n'ont pas le dernier mot. En général, ces décisions sont prises par les propriétaires de terrains privés qui, tout en étant influencés par la vue d'ensemble, agiront dans les meilleurs intérêts de leurs propres fermes et en tenant compte de facteurs à plus court terme. À nouveau, le propriétaire de terrain est pris dans un dilemme, c'est-à-dire équilibrer le pragmatisme nécessaire pour demeurer en affaire aux attentes altruistes de la société en général.

Les forces de changement et l'engagement continu de l'ARAP envers le développement durable soulignent clairement le besoin pour les agriculteurs, les éleveurs, le secteur et les gouvernements de prendre les mesures appropriées pour veiller à bien gérer les ressources en sols. Les intervenants publics et privés doivent travailler ensemble afin d'assurer l'intégration des facteurs environnementaux à tous les aspects de la prise de décisions publiques et privées au sein du secteur agricole et agroalimentaire. Une série de politiques, de programmes et d'options techniques doivent être disponibles afin que les exploitants agricoles puissent faire des choix qui correspondent à leurs ressources et à leurs situations économiques.

Chapitre 3 : État actuel des terres et des ressources en eau

Introduction

En 1983, l'ARAP publiait un rapport intitulé « Land Degradation and Soil Conservation Issues on the Canadian Prairies ». Ce rapport, qui fournissait une évaluation des sols des Prairies, est devenu la pierre angulaire d'un grand nombre de programmes établis dans la région pour améliorer l'état des sols.

Dans ce rapport, on concluait que l'érosion éolienne et hydrique, la salinité et la diminution de la teneur en matière organique constituaient de graves menaces pour l'agriculture dans les Prairies. À titre d'exemple, le rapport dévoilait que, en 1984, les producteurs des Prairies allaient subir des pertes équivalentes à 100 millions de dollars à cause de la détérioration des sols. De telles pertes représentaient une réduction de 10 % du revenu agricole net tiré des cultures marchandes.

Depuis la publication du rapport en 1983, les systèmes de production agricole ont évolué, suite à la prise de conscience de l'incidence de ces systèmes sur les ressources naturelles et sur leur fonctionnement. Il est généralement reconnu aujourd'hui que le secteur agricole évolue à l'intérieur de divers écosystèmes, d'une part, et, d'autre part, que l'activité agricole est hautement tributaire des ressources naturelles qui caractérisent ces écosystèmes. Ainsi, le défrichage, le drainage des terres, l'implantation de cultures annuelles et l'exploitation des pâturages ont modifié considérablement le profil des écosystèmes dans lesquels est pratiquée l'agriculture. Les changements sont d'une telle ampleur que l'on qualifie désormais d'agro-écosystèmes les écosystèmes influencés par l'agriculture.

Depuis la publication du rapport de 1983, on en est également venu à reconnaître pleinement la philosophie du maintien durable des agro-écosystèmes. Cette philosophie fournit le cadre conceptuel requis pour intégrer les répercussions environnementales, économiques et sociales de l'activité humaine. Par conséquent, l'approche consistant à considérer l'incidence des effets de la production agricole sur les sols indépendamment des répercussions en question ne suffit plus aujourd'hui.

Le présent chapitre est consacré à l'état de certaines des ressources naturelles les plus sensibles qui ont été touchées par l'agriculture, à savoir le sol, l'eau, les zones riveraines et les parcours. Dans ce chapitre, on examine les processus qui affectent la qualité de ces ressources, on passe en revue les résultats des études récentes et on aborde brièvement les facteurs qui représentent le plus grand risque pour ces ressources.

La qualité des sols

La qualité des sols est un élément clé du maintien durable des systèmes de production agricole et des écosystèmes dans lesquels l'agriculture est pratiquée (Doran *et al.*, 1996). Par conséquent, la qualité des sols est un sujet de préoccupation tant pour la production de nourriture que pour la réduction de l'incidence exercée par l'agriculture sur l'environnement.

Les termes *qualité des sols* et *santé des sols* s'emploient de manière interchangeable. De signification assez simple au départ, soit l'adaptabilité d'un sol à l'agriculture, ces notions ont fini par prendre un sens très large qui englobe notamment la qualité et la biodiversité environnementale ainsi que les valeurs socio-économiques. Leopold (1949) assimilait à la santé du sol la capacité de se renouveler. Pour Acton et Gregorich (1995), la qualité du sol se définissait comme la capacité d'un sol de soutenir la croissance des cultures sans se dégrader ni nuire de toute autre manière à l'environnement. Selon Karlen *et al.* (1997), la qualité du sol se définit par la capacité d'un type de sol particulier à assurer sa fonction, à l'intérieur des limites d'un écosystème naturel ou géré, afin de soutenir la production végétale ou animale, de maintenir ou d'améliorer la qualité de l'eau et de l'air ainsi que de soutenir la santé et l'habitat humain. Lal (1998) a proposé une définition encore plus large, composée des quatre principales fonctions suivantes :

- production de biomasse et biodiversité durables
- uniformisation de la qualité de l'eau et de l'air par la filtration, la fonction de tampon, la détoxication et la régulation des cycles géochimiques
- préservation des données archéologiques, géologiques et astronomiques
- soutien de la structure socio-économique et des valeurs culturelles et esthétiques et maintien d'une assise en matière d'ingénierie.

Janzen *et al.* (1992) ont fourni un exposé très pragmatique et soigné sur le sujet, en avançant que toute déclaration sur la qualité du sol doit tenir compte de la fonction attendue de ce sol. En plus de la production alimentaire, les sols jouent des rôles essentiels de purification et de détoxication des écosystèmes par le biais de la décomposition des déchets. L'exposé évoque notamment le fait que les sols agricoles à haute productivité ne conviennent pas nécessairement très bien à la préservation de l'environnement.

L'évaluation de la qualité des sols nécessite l'intégration de propriétés physiques, chimiques et biologiques mesurables, ces propriétés étant des indicateurs fiables de la qualité des sols ou des changements qui l'affectent (Coen, 1996). Les variations qui surviennent dans la qualité du sol peuvent être assez lentes, comme c'est le cas pour le processus d'altération naturelle, ou rapide, comme cela se produit sous l'influence de l'intervention humaine, lorsque l'utilisation des terres et les méthodes agronomiques détériorent,

maintiennent ou améliorent la qualité du sol. De manière générale, il est plus facile de quantifier les variations de qualité du sol dans le temps que dans l'espace.

Pour leur part, Sojka et Upchurch (1999) ont défendu l'idée que les sols accomplissent simultanément une multitude de fonctions, et que ces fonctions constituent une intégration complexe dans l'espace de facteurs physiques, chimiques et biologiques tant statiques que dynamiques. Selon eux, la qualité devrait être définie pour chaque sol et en fonction d'un nombre infini de situations liées à l'environnement et à la gestion des terres. Ils concluent que les fonctions du sol sont d'une telle complexité qu'il serait impossible d'élaborer un index de qualité des sols universellement applicable.

Il ressort clairement de ce débat qu'aucun consensus n'a encore été atteint sur la définition de la qualité du sol et sur la façon de mesurer cette qualité. En fait, l'évaluation de la qualité du sol ne suffirait peut-être pas en soi à déterminer l'incidence de différents facteurs de pression sur le rendement des systèmes de production agricole. Selon Janzen *et al.* (1992), la qualité du sol n'est qu'un élément parmi tous les facteurs qui entrent en jeu dans la productivité du sol; les facteurs liés à la gestion du territoire et des sols jouent également un rôle important. Parmi les paramètres qui exercent une influence sur la productivité du sol figurent le climat, la topographie et l'hydrologie. En ce qui concerne les paramètres liés à la gestion du sol, la rotation, les façons culturales, l'application d'engrais et l'irrigation influent aussi sur la productivité de la terre.

Dans les terres vallonnées, on observe de fortes variations dans les rendements entre les sommets de colline érodés et les bas de pentes enrichis en sol superficiel.

Pour évaluer les effets des pratiques de gestion agricole sur les terres cultivées annuellement, il semble très approprié de centrer l'attention sur la productivité des sols en fonction de régimes de gestion définis d'après les rendements des cultures des Prairies ainsi que la teneur et la dynamique de la matière organique. Ces paramètres interdépendants intègrent les répercussions des processus de dégradation des sols et fournissent également un indice de la capacité des sols de réduire l'impact environnemental de l'agriculture. Les résultats sont également abordés dans le présent chapitre à la lumière des facteurs liés au paysage traités par Janzen *et al.* (1992) et des très volumineux documents publiés dans le cadre des recherches en pédologie et en agronomie menées dans les Prairies canadiennes et ailleurs.

L'érosion du sol

L'érosion des terres a pour effet la redistribution de particules dans le paysage, sous l'influence du vent, de l'eau et du travail du sol. Dans les Prairies, nombre de champs cultivés sont touchés par ces trois facteurs de dégradation et parfois par d'autres facteurs. L'érosion éolienne et l'érosion hydrique résultent de l'action du vent et de l'eau sur les sols insuffisamment protégés. Quant à l'érosion mécanique, elle résulte de la redistribution des particules sous l'effet de la gravité ou du déplacement latéral des particules détachées par les outils aratoires.

L'érosion peut flageller les plantules ou les enfouir sous un amas de particules de sol. Les terres où se produisent des pertes de sol s'appauvrissent, perdent de

leur fertilité et sont caractérisées par une variabilité accrue dans les types de sol et les rendements. L'érosion peut également avoir une incidence sur l'environnement, telle qu'une réduction de la qualité de l'air et de l'eau.

Le ravinement atteint la couche de sous-sol dans les zones de fort ruissellement et gêne le passage des machines agricoles.

Les vents forts sont assez courants dans les Prairies, particulièrement au printemps. Les champs dépourvus de végétation et présentant une surface meuble et sèche sont donc vulnérables à l'érosion éolienne. Les collines exposées et les sols sableux sont les plus sensibles, bien que les sols argileux précédemment asséchés par le gel puissent également être gravement érodés par le vent. La majorité des particules de sol déplacées par le vent s'amassent derrière des mottes de terre, des mauvaises herbes et des touffes de végétation ou encore dans les creux, les fossés et les coulées. Le sol des champs exposés s'élève en un nuage de poussières pouvant se déplacer à des milliers de kilomètres et nuire à l'environnement.

L'érosion hydrique causée par la fonte des neiges ou par les pluies intenses est courante dans les terres vallonnées, mais il arrive même que les eaux de ruissellement à fort débit provoquent d'importants dégâts dans les champs très peu inclinés. L'érosion hydrique a des effets particulièrement graves dans les terres fortement inclinées, mais aussi dans les terres comportant de longues pentes. Le ravinement atteint la couche de sous-sol dans les zones de fort ruissellement et gêne le passage des machines agricoles.

On reconnaît depuis peu que l'érosion provoquée par le travail du sol contribue largement à la redistribution du sol dans le paysage. Dans les Prairies, on évalue actuellement l'ampleur et la gravité de cette forme d'érosion (King *et al.*, 1999). Les effets vont de la destruction du profil du sol à la réduction des rendements en passant par l'accroissement de la vulnérabilité du terrain à l'érosion éolienne et hydrique.

Au nombre des facteurs qui déterminent la gravité de l'érosion liée au travail du sol figurent la fréquence des façons culturales, l'emplacement du champ, l'inclinaison et le degré de courbe du terrain, les propriétés physiques, l'humidité du sol, la forme des outils de travail du sol, la profondeur de pénétration, la configuration des outils et leur capacité de suivre le contour du terrain ainsi que la vitesse d'avancement du matériel agricole (Busacca *et al.*, 1984; Lobb *et al.*, 1995).

Effets sur les rendements et la productivité du sol

Les effets de l'érosion sur la fertilité du sol et les rendements sont considérables. L'érosion entraîne les particules de terre les plus fines, qui contribuent à la disponibilité des éléments nutritifs et aident à maintenir un milieu physique propice à la croissance des plantes. Les pertes graves réduisent le volume de terre dans lequel les racines peuvent se développer, ce qui restreint davantage la disponibilité des éléments nutritifs et de l'eau. Le sol déplacé par l'érosion s'accumule habituellement dans les zones de terre déjà productives, de sorte que ce surcroît de sol riche ne profite pas aux rendements. Par contre, des particules de sous-sol de faible qualité ou de sable peuvent parfois se déposer sur le sol riche de surface; mélangées au terrain par les instruments aratoires, ces particules peuvent affaiblir la productivité du champ.

La flagellation des plantules résultant de l'érosion éolienne, l'érosion en rigoles pendant les premiers stades de développement des plantes (Rasmusson et Douglas, 1991) et l'enfouissement des plantes sous les particules de sol nuisent à la survie des plantes et au potentiel de rendement; dans certains cas,

le resemis s'avère nécessaire. Il reste encore à quantifier avec précision l'ampleur de ces pertes.

La plupart des essais servant à évaluer l'incidence de l'érosion sur les rendements sont menés en enlevant des couches de sol de différentes épaisseurs et en établissant le rapport entre la profondeur de sol enlevé et les rendements des cultures. Les résultats de tels essais ne tiennent pas compte de l'enlèvement sélectif des fractions les plus fertiles du sol par le vent et l'eau.

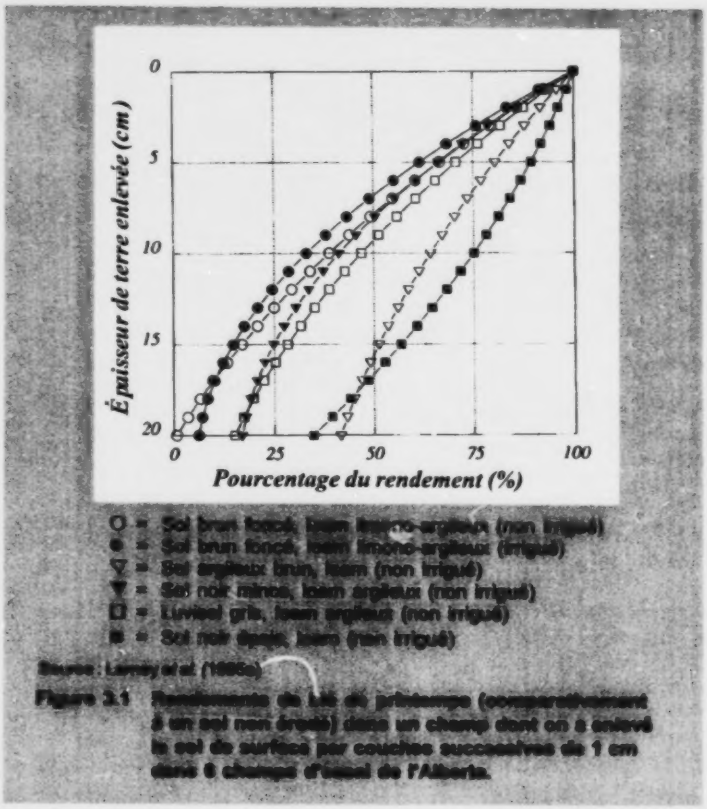
Dormaar *et al.* (1986) ont publié les résultats d'un essai d'enlèvement de couches de sol à Lethbridge. Après 22 ans et 14 cultures de blé, la productivité du sol n'a pas retrouvé son niveau d'origine. Sur des parcelles d'essai dont une épaisseur de 8 à 10 cm, de 10 à 20 cm et de plus de 46 cm a été enlevée, les rendements ont atteint 88 %, 63 % et 41 % respectivement de la parcelle témoin non érodée et non fertilisée. Une application d'azote à raison de 45 kg/ha et de phosphate à raison de 22 kg/ha a permis d'atteindre le niveau de rendement original uniquement dans les parcelles où de 8 à 10 cm de sol avait été enlevé. La parcelle où plus de 46 cm de sol a été enlevé n'a permis d'atteindre que 57 % du rendement obtenu dans la parcelle témoin, malgré l'application d'engrais. Il a néanmoins été possible de retrouver le niveau de rendement original en appliquant 30 tonnes de fumier à l'hectare (Dormaar *et al.*, 1988) et en épandant des doses élevées d'engrais (Dormaar *et al.*, 1997a).

L'effet de l'enlèvement de sol sur les rendements de blé a été mesuré à six différents endroits en Alberta (voir figure 3.1). Dans quatre des six champs étudiés, l'enlèvement de 7 cm de terre a provoqué une réduction des rendements de l'ordre de 50 %. La perte de sol de surface a réduit les rendements dans une plus grande mesure que la perte de sol à des couches plus profondes. La réduction moyenne des rendements s'est établie à 110 kg/ha/cm de sol enlevé (Larney *et al.*, 1995a). Les problèmes d'érosion ne se limitent pas nécessairement aux pertes de rendement. En effet, les essais ont révélé une détérioration possible des qualités meunières du blé cultivé sur un sol érodé de manière simulée (Dormaar *et al.*, 1997b).

L'érosion du sol provoque d'importantes pertes de productivité et peut nuire à la qualité de la récolte. Il est parfois possible de rétablir la fertilité du sol en appliquant de l'engrais, mais à un coût considérable.

Redistribution du sol dans le terrain

L'intérêt suscité par l'agriculture de précision a mis en évidence les différences de rendement liées aux variations de qualité de terrain et de disponibilité de l'eau dans un même champ. L'érosion du sol et la sédimentation qui en résulte accroît davantage la variabilité des terres et les différences de rendement dans le champ (Verity and Anderson, 1990).



Source : Larney et al. (1995a)

Figure 3.1 Rendements de blé de printemps (comparativement à un sol non érodé) dans un champ dont on a enlevé le sol de surface par couches successives de 1 cm dans 6 champs d'essai de l'Alberta.

le resemis s'avere nécessaire. Il reste encore à quantifier avec précision l'ampleur de ces pertes.

La plupart des essais servant à évaluer l'incidence de l'érosion sur les rendements sont menés en enlevant des couches de sol de différentes épaisseurs et en établissant le rapport entre la profondeur de sol enlevé et les rendements des cultures. Les résultats de tels essais ne tiennent pas compte de l'enlèvement sélectif des fractions les plus fertiles du sol par le vent et l'eau.

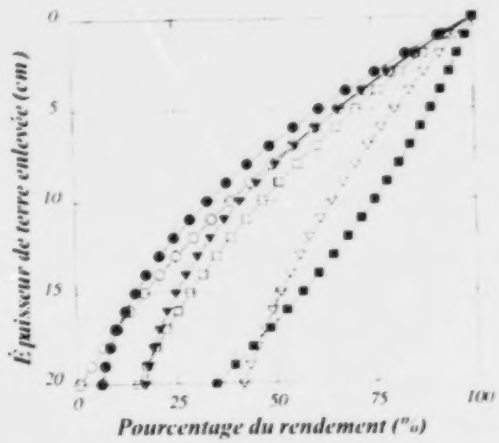
Dormaar *et al.* (1986) ont publié les résultats d'un essai d'enlèvement de couches de sol à Lethbridge. Après 22 ans et 14 cultures de blé, la productivité du sol n'a pas retrouvé son niveau d'origine. Sur des parcelles d'essai dont une épaisseur de 8 à 10 cm, de 10 à 20 cm et de plus de 46 cm a été enlevée, les rendements ont atteint 88 %, 63 % et 41 % respectivement de la parcelle témoin non érodée et non fertilisée. Une application d'azote à raison de 45 kg/ha et de phosphate à raison de 22 kg/ha a permis d'atteindre le niveau de rendement original uniquement dans les parcelles où de 8 à 10 cm de sol avait été enlevé. La parcelle où plus de 46 cm de sol a été enlevé n'a permis d'atteindre que 57 % du rendement obtenu dans la parcelle témoin, malgré l'application d'engrais. Il a néanmoins été possible de retrouver le niveau de rendement original en appliquant 30 tonnes de fumier à l'hectare (Dormaar *et al.*, 1988) et en épandant des doses élevées d'engrais (Dormaar *et al.*, 1997a).

L'effet de l'enlèvement de sol sur les rendements de blé a été mesuré à six différents endroits en Alberta (voir figure 3.1). Dans quatre des six champs étudiés, l'enlèvement de 7 cm de terre a provoqué une réduction des rendements de l'ordre de 50 %. La perte de sol de surface a réduit les rendements dans une plus grande mesure que la perte de sol à des couches plus profondes. La réduction moyenne des rendements s'est établie à 110 kg/ha/cm de sol enlevé (Larney *et al.*, 1995a). Les problèmes d'érosion ne se limitent pas nécessairement aux pertes de rendement. En effet, les essais ont révélé une détérioration possible des qualités meunières du blé cultivé sur un sol érodé de manière simulée (Dormaar *et al.*, 1997b).

L'érosion du sol provoque d'importantes pertes de productivité et peut nuire à la qualité de la récolte. Il est parfois possible de rétablir la fertilité du sol en appliquant de l'engrais, mais à un coût considérable.

Redistribution du sol dans le terrain

L'intérêt suscité par l'agriculture de précision a mis en évidence les différences de rendement liées aux variations de qualité de terrain et de disponibilité de l'eau dans un même champ. L'érosion du sol et la sédimentation qui en résulte accroît davantage la variabilité des terres et les différences de rendement dans le champ (Verity and Anderson, 1990).



○ = Sol brun foncé, loam limono-argileux (non irrigué)
● = Sol brun foncé, loam limono-argileux (irrigué)
▽ = Sol argileux brun, loam (non irrigué)
▼ = Sol noir mince, loam argileux (non irrigué)
□ = Luvisol gris, loam argileux (non irrigué)
■ = Sol noir épais, loam (non irrigué)

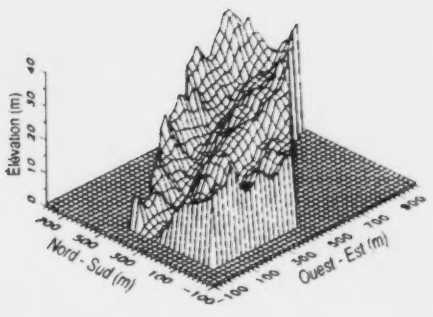
Source : Larney *et al.* (1995a)

Figure 3.1 Rendements de blé de printemps (comparativement à un sol non érodé) dans un champ dont on a enlevé le sol de surface par couches successives de 1 cm dans 6 champs d'essai de l'Alberta.

La redistribution des particules de sol dans le terrain n'est jamais uniforme. Ainsi, les bordures de champ travaillées à l'excès, les ronds de terre sableuse et les élevations de terrain dans des champs plats sont plus vulnérables à l'érosion éolienne. Parallelement, les légères dépressions de terrain permettent le rassemblement des eaux de ruissellement et le ravinement lorsque le débit est suffisamment fort.

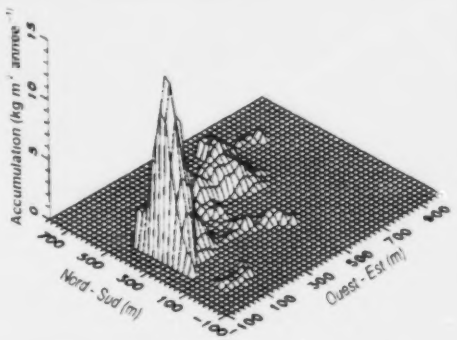
Dans les terres vallonnees, les sommets de colline peuvent être érodés par le vent et le passage du matériel aratoire. A mi-pente, l'erosion peut être causée par le travail du sol, le vent ou l'eau. Les bas de pente sont vulnérables à l'erosion hydrique mais peuvent aussi être enrichis par le sol deplacé du haut des pentes (Moulin *et al.*, 1994). Les pentes convergentes sont particulièrement exposées au risque de ravinement, mais permettent également l'accumulation du sol deplacé par le vent. Les depressions amassent habituellement le sol emporté par le vent ou l'eau ou encore se comblent sous l'effet du travail du sol.

Les figures 3.2, 3.3 et 3.4 illustrent les rapports complexes qui existent entre la topographie et la redistribution du sol dans des essais menés sur un bassin versant de l'Idaho. Les taux d'érosion ont tendance à être plus hauts dans les zones élevées alors que l'accumulation de sol se produit surtout vers le bas des pentes, bien que ce ne soit pas toujours le cas. Il en résulte d'importantes différences dans la fertilité du sol, la capacité de retention en eau et la structure du sol. L'application à une dose uniforme des intrants agricoles s'avère inefficace dans les champs gravement érodés, puisqu'elle se



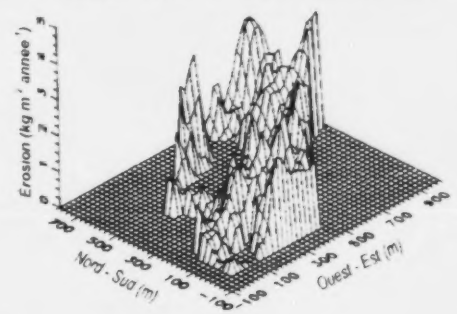
Source : Busacca *et al.* (1993)
Nota : Coefficient de surhaussement de 15

Figure 3.2 Élévation relative d'un bassin versant à l'étude dans l'Idaho.



Source : Busacca *et al.* (1993)
Nota : Taux d'érosion en t/ha $^{-1}$ année $^{-1}$ représente 10 fois le taux en kg m $^{-2}$ année $^{-1}$

Figure 3.3 Taux d'accumulation du sol dans un bassin versant à l'étude dans l'Idaho.



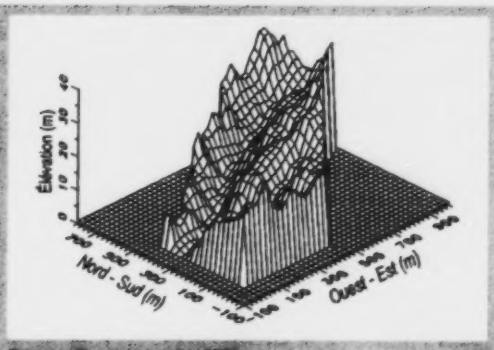
Source : Busacca *et al.* (1993)
Nota : Taux d'érosion en t/ha $^{-1}$ année $^{-1}$ représente 10 fois le taux en kg m $^{-2}$ année $^{-1}$

Figure 3.4 Taux d'érosion du sol dans un bassin versant à l'étude dans l'Idaho.

La redistribution des particules de sol dans le terrain n'est jamais uniforme. Ainsi, les bordures de champ travaillées à l'excès, les ronds de terre sableuse et les élévations de terrain dans des champs plats sont plus vulnérables à l'érosion éolienne. Parallèlement, les légères dépressions de terrain permettent le rassemblement des eaux de ruissellement et le ravinement lorsque le débit est suffisamment fort.

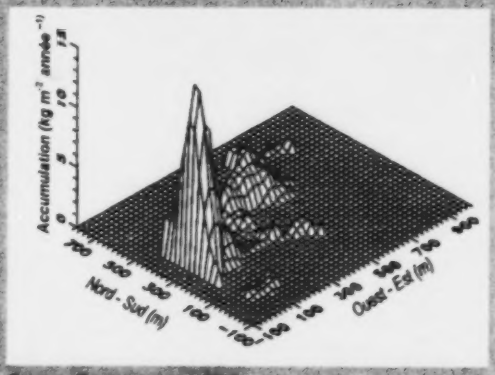
Dans les terres vallonnées, les sommets de colline peuvent être érodés par le vent et le passage du matériel aratoire. À mi-pente, l'érosion peut être causée par le travail du sol, le vent ou l'eau. Les bas de pente sont vulnérables à l'érosion hydrique mais peuvent aussi être enrichis par le sol déplacé du haut des pentes (Moulin *et al.*, 1994). Les pentes convergentes sont particulièrement exposées au risque de ravinement, mais permettent également l'accumulation du sol déplacé par le vent. Les dépressions amassent habituellement le sol emporté par le vent ou l'eau ou encore se comblent sous l'effet du travail du sol.

Les figures 3.2, 3.3 et 3.4 illustrent les rapports complexes qui existent entre la topographie et la redistribution du sol dans des essais menés sur un bassin versant de l'Idaho. Les taux d'érosion ont tendance à être plus hauts dans les zones élevées alors que l'accumulation de sol se produit surtout vers le bas des pentes, bien que ce ne soit pas toujours le cas. Il en résulte d'importantes différences dans la fertilité du sol, la capacité de rétention en eau et la structure du sol. L'application à une dose uniforme des intrants agricoles s'avère inefficace dans les champs gravement érodés, puisqu'elle se



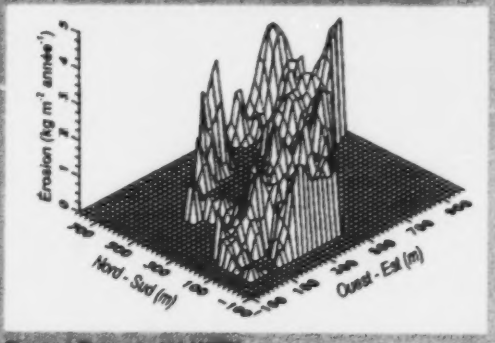
Source : Buseoce *et al.* (1992)
Note : Coefficient de surhaussement de 15

Figure 3.2 Élévation relative d'un bassin versant à l'étude dans l'Idaho.



Source : Buseoce *et al.* (1992)
Note : Taux d'érosion en t ha⁻¹ année⁻¹ représentés 10 fois le taux en kg m⁻² année⁻¹

Figure 3.3 Taux d'accumulation du sol dans un bassin versant à l'étude dans l'Idaho.



Source : Buseoce *et al.* (1992)
Note : Taux d'érosion en t ha⁻¹ année⁻¹ représentés 10 fois le taux en kg m⁻² année⁻¹

Figure 3.4 Taux d'érosion du sol dans un bassin versant à l'étude dans l'Idaho.

traduit par des coûts de production accrus, des rendements à peine suffisants et des effets indésirables sur l'environnement.

Incidence de l'érosion sur la qualité de l'eau

Les sédiments emportés par le vent ou l'eau se déposent lorsque la force du vent ou le débit de l'eau diminue. La plus grosse part du sol érodé ne dépasse jamais les limites du champ mais s'accumule plutôt dans les dépressions de terrain et derrière les touffes de végétation. Novotny et Chesters (1989) ont rapporté que plus de 80 % du sol érodé par l'eau reste dans le champ. Il se peut, bien que cela reste à prouver, qu'une forte proportion (estimée à 75 %) de terre érodée par le vent ne quitte jamais les abords immédiats du champ d'où elle provient. Toutefois, les sédiments emportés par l'eau et par le vent sont rarement inertes, puisqu'ils peuvent contenir de la matière organique, des éléments nutritifs absorbés par les plantes, des métaux lourds et des pesticides. Tous ces éléments constituent une source potentielle de pollution. Parmi les éléments nutritifs entraînés lors de l'érosion hydrique ou éolienne du sol, ceux qui présentent le plus gros risque pour l'environnement sont l'azote et le phosphore, même s'ils ne sont pas les seuls éléments nutritifs emportés.

Nicholaichuk et Read (1978) ont étudié la concentration moyenne des éléments nutritifs contenus dans l'eau de ruissellement provenant de bassins versants de 4 à 5 hectares dans le sud de la Saskatchewan. La concentration en phosphore de l'eau de ruissellement provenant d'un champ en jachère et d'un champ de chaumes atteignait 0,3 et 0,2 % respectivement. Dans les deux cas, cette concentration dépassait le seuil recommandé des normes de qualité de l'eau établies par la province. Quant à la concentration en azote (N), elle atteignait 1 et 0,2 mg/L respectivement.

De manière générale, les sédiments de terre emportés par le vent ne sont pas considérés comme une menace pour la qualité de l'eau. Pourtant, 25 % du sol érodé peut être emporté dans les fossés de bord de route et se retrouver ainsi en contact direct avec l'eau de ruissellement. Des volumes considérables de terre peuvent s'accumuler dans ces fossés. En 1988, la municipalité de Morris, dans le centre-sud du Manitoba, a dépensé près de 250 000 $ pour évacuer quelque 250 000 tonnes de terre de surface entraînée dans les fossés de bord de route (Thiessen, 1990).

En Alberta, Larney *et al.* (1999) ont découvert que les sédiments emportés par le vent présentaient une concentration élevée en herbicides appliqués en surface, comparativement au sol superficiel non érodé prélevé jusqu'à une profondeur de 2,5 cm. Ces résultats prouvent que, par sa faculté de ségrégation, l'érosion peut accentuer l'incidence sur l'environnement des éléments chimiques adsorbés du limon et de l'argile.

Poussières libres

La poussière libre est composée des particules transportées par le vent et déposées ailleurs. Ce type de poussière peut nuire à la santé des personnes et réduire la visibilité au point de provoquer des accidents de circulation. La poussière libre se rencontre notamment sur les routes goudronnées et non goudronnées, sur les chantiers de construction et de démolition, dans les endroits

Important nuage de poussière soulevé dans un champ gravement exposé à l'érosion éolienne près de Fillmore (Saskatchewan).

Photo : H. DeGooijer

d'activité industrielle ainsi que dans les zones où se produit l'érosion du sol (Matsumura *et al.*, 1992; Utah Dept. Env. Quality n.d.).

Des inquiétudes ont déjà été soulevées concernant le fait que les activités agricoles sont susceptibles de produire des matières particulaires (PM) inhalables. Les particules *inhalables* (PM_{10}) ont un diamètre aérodynamique de moins de 10 microns. Les poussières de terre contiennent également des *particules respirables* ($PM_{2,5}$), mais dans une proportion plus faible. Les recherches médicales ont mis en évidence les effets néfastes des PM_{10} et des $PM_{2,5}$ pour la santé respiratoire. Il a été prouvé que l'exposition aux PM_{10} et $PM_{2,5}$ accentue l'asthme et la bronchite et se traduit par un accroissement du nombre d'hospitalisations et de décès.

Les particules de terres peuvent également véhiculer des éléments comme des champignons, de l'engrais, des herbicides, des fongicides et des insecticides (Grover, 1991; Wheaton, 1995). On a déjà retrouvé des pesticides adsorbés par des particules de poussière à des milliers de kilomètres de leur point d'origine, ce qui constitue une source d'inquiétude supplémentaire sur le plan sanitaire. Par ailleurs, les vents forts qui déclenchent les tempêtes de poussière dans les Prairies sont une importante cause du déplacement de particules de terre en suspension dans l'air.

De grosses quantités de terre peuvent se déplacer dans l'air pendant les fortes tempêtes de poussière. Anderson (1984) a constaté un cas où la visibilité était réduite à moins d'un kilomètre sur une superficie de 155 400 km² dans les Prairies, les 14 et 15 mai 1984. On estime qu'une tempête de cette ampleur maintenait au moins 6 millions de tonnes de terre en suspension dans l'air.

La surveillance des PM_{10} et des $PM_{2,5}$ n'est pas chose fréquente dans les Prairies canadiennes, et les stations de surveillance sont rares. Comme le taux de PM n'est pas mesuré en fonction de la source des particules, il n'est pas possible de connaître le pourcentage de PM attribuables aux activités agricoles. Cette absence de données canadiennes explique la tendance à la spéculation, dans le meilleur des cas, lorsqu'il s'agit de déterminer le montant exact de PM_{10} produites dans les terres agricoles. De nombreux impondérables demeurent, notamment en ce qui concerne les effets des produits chimiques utilisés en agriculture sur la santé, le volume de terre déplacé lors des tempêtes de poussière survenant à l'époque actuelle dans les Prairies ainsi que la quantité de poussière inhalable produite par l'érosion éolienne et l'érosion par le travail du sol.

Évaluation de l'érosion en plein champ

De nombreuses évaluations menées à l'aide de différents modèles ont permis de cerner l'ampleur et la gravité de l'érosion dans les Prairies. La présente section est consacrée aux résultats des essais scientifiques menés en plein champ.

La mesure directe de l'érosion éolienne et hydrique n'est pas une mince tâche. En effet, l'érosion du sol est un phénomène extrêmement variable qui doit être mesuré sur plusieurs années avant que des résultats concluants ne soient obtenus. Malheureusement, il n'existe qu'un site dans les Prairies canadiennes où l'érosion a été mesurée pendant plus de 10 ans. Les résultats obtenus jusqu'à ce jour à ce site et à d'autres endroits ne représentent peut-être pas précisément l'ampleur de l'érosion.

Selon Van Vliet et Hall (1991), l'érosion hydrique mesurée sur des parcelles d'essai de la région de la Rivière-de-la-Paix, suivant une rotation jachère-canola-orge, a emporté 4,9 t/ha en moyenne sur une période de six ans. Une rotation semblable mais dans laquelle s'insérait une culture de fétuque a provoqué une perte de sol de 1 t/ha seulement, en moyenne, au cours de la même période.

Shaykewich *et al.* (1991) ont mesuré l'érosion hydrique en plusieurs endroits du Manitoba de 1986 à 1990. Les résultats de ces mesures sont présentés au tableau 3.1. Dans des régimes de travail du sol conventionnel, une plus forte érosion a été constatée dans les champs de maïs que dans les champs de blé. Les sols argileux ont perdu le plus de sol, puis les sols sableux et enfin les sols limoneux, qui sont peu susceptibles à l'érosion. Le travail minimum du sol a contribué à réduire l'érosion à deux des trois sites à l'étude. Les résultats étaient extrêmement variables à cause de la répartition dans le temps des fortes pluies par rapport à l'état d'humidité du sol, au couvert végétal et au travail du sol.

La plupart des mesures sur l'érosion hydrique, y compris celles de Van Vliet et Hall (1991) et de Shaykewich *et al.* (1991), ont été effectuées dans de petites parcelles et n'ont donc pas permis d'évaluer le ravinement. Or, cette

forme d'érosion est courante dans les Prairies, particulièrement dans la région de la Rivière-de-la-Paix et le long des pentes de la formation appelée « *Missouri Coteau* », en Saskatchewan. L'ampleur et la gravité du ravinement n'ont pas été estimées ni mesurées systématiquement dans les Prairies canadiennes.

Larney *et al.* (1995b) ont fourni des résultats sur l'érosion éolienne dans un champ abondamment travaillé comportant un sol argilo-limoneux de type brun foncé près de Lethbridge. La parcelle évaluée a été étudiée pendant trois périodes distinctes entre avril 1991 et mai 1992. En tout, l'érosion a été observée 16 fois, pendant des périodes d'une durée allant jusqu'à 11,7 heures. Les pertes de sol enregistrées à chaque tempête ont varié de 0,5 t/ha à 30,4 t/ha, tandis que l'érosion totale a représenté 144,4 t/ha.

Au cours des années 50 et 60, des essais nucléaires ont provoqué la fuite dans l'atmosphère d'un isotope de césium, le Cs^{137}. Cet élément se déposait sous l'influence des précipitations et était fortement adsorbé sur les particules

Culture en bandes comme moyen de lutte contre l'érosion dans le nord-est du Manitoba.

de sol (de Jong *et al.*, 1982). La comparaison des concentrations de Cs^{137} observées dans des champs non érodés et des champs érodés a permis de suivre les déplacements de sol. Sutherland et de Jong (1990) ont fait plusieurs découvertes en utilisant la méthode Cs^{137}, notamment le fait que cet élément se déposait uniformément dans le voisinage d'une zone donnée et que l'effet de ruissellement et la redistribution du sol par la neige étaient peu importants. Les résultats ont révélé que l'érosion éolienne et hydrique ainsi que l'érosion par le travail du sol ont eu un effet combiné entre l'époque de dépôt du Cs^{137} et la période de prélèvement des échantillons.

Les données obtenues dans les Prairies à l'aide du Cs^{137} ont révélé une redistribution considérable du sol dans le paysage. Kiss *et al.* (1986) ont évalué 43 versants de collines dans la zone de sol brun foncé située en Saskatchewan et ont observé des taux d'érosion élevés dans deux tiers des champs. Pennock et de Jong

Tableau 3.1 Érosion hydrique moyenne (en t/ha/année) mesurée à 5 sites au Manitoba

Type de sol	N^bre d'années	t/ha TC[1]	t/ha TM[2]	t/ha/a TC
Loam sableux (Leary)	5	17,6	Ind.[3]	9,7
Argile (Gretna)	5	33,5	Ind.	49,8
Loam sablo-argileux (Ryerson)	5	3,1	2,8	11,2
Loam argileux (Carrol)	3	3,5	1,1	14,6
Loam argileux (Newdale)	2	0,7	0,8	1,3

Source : Shaykewich *et al.* (1991)
[1] Travail du sol conventionnel
[2] Travail minimum du sol
[3] Indéterminé

forme d'érosion est courante dans les Prairies, particulièrement dans la région de la Rivière-de-la-Paix et le long des pentes de la formation appelée « *Missouri Coteau* », en Saskatchewan. L'ampleur et la gravité du ravinement n'ont pas été estimées ni mesurées systématiquement dans les Prairies canadiennes.

Larney *et al.* (1995b) ont fourni des résultats sur l'érosion éolienne dans un champ abondamment travaillé comportant un sol argilo-limoneux de type brun foncé près de Lethbridge. La parcelle évaluée a été étudiée pendant trois périodes distinctes entre avril 1991 et mai 1992. En tout, l'érosion a été observée 16 fois, pendant des périodes d'une durée allant jusqu'à 11,7 heures. Les pertes de sol enregistrées à chaque tempête ont varié de 0,5 t/ha à 30,4 t/ha, tandis que l'érosion totale a représenté 144,4 t/ha.

Au cours des années 50 et 60, des essais nucléaires ont provoqué la fuite dans l'atmosphère d'un isotope de césium, le Cs^{137}. Cet élément se déposait sous l'influence des précipitations et était fortement adsorbé sur les particules de sol (de Jong *et al.*, 1982). La comparaison des concentrations de Cs^{137} observées dans des champs non érodés et des champs érodés a permis de suivre les déplacements de sol. Sutherland et de Jong (1990) ont fait plusieurs découvertes en utilisant la méthode Cs^{137}, notamment le fait que cet élément se déposait uniformément dans le voisinage d'une zone donnée et que l'effet de ruissellement et la redistribution du sol par la neige étaient peu importants. Les résultats ont révélé que l'érosion éolienne et hydrique ainsi que l'érosion par le travail du sol ont eu un effet combiné entre l'époque de dépôt du Cs^{137} et la période de prélèvement des échantillons.

Les données obtenues dans les Prairies à l'aide du Cs^{137} ont révélé une redistribution considérable du sol dans le paysage. Kiss *et al.* (1986) ont évalué 43 versants de collines dans la zone de sol brun foncé située en Saskatchewan et ont observé des taux d'érosion élevés dans deux tiers des champs. Pennock et de Jong

Tableau 3.1 Érosion hydrique moyenne (en t/ha/année) mesurée à 5 sites au Manitoba

Type de sol	N^bre d'années	Blé TC[1]	Blé TM[2]	Maïs TC
Loam sableux (Leary)	5	17,6	Ind.[3]	9,7
Argile (Gretna)	5	33,5	Ind.	49,8
Loam sablo-argileux (Ryerson)	5	3,1	2,8	11,2
Loam argileux (Carrol)	3	3,5	1,1	14,6
Loam argileux (Newdale)	2	0,7	0,8	1,3

Source : Shaykewich *et al.* (1991)
[1] Travail du sol conventionnel
[2] Travail minimum du sol
[3] Indéterminé

(1987) ont prélevé des échantillons dans 3 zones de superficie variant entre 7 et 10 hectares dans des sols noirs situés près de Saskatoon. Les résultats ont mis en évidence une perte de particules de sol à 83 % des points d'échantillonnage situés dans une zone de sol morainique. Les recherches ont permis d'observer des pertes nettes de terre dans les sols fluvioglaciaires et glacio lacustres à 89 et 87 % des sites respectivement. La quantité moyenne de terre érodée était de 27, 16 et 21 t/ha/année aux trois sites. La sédimentation ne s'est produite qu'à entre 11 et 17 % de la zone à l'étude. Verity et Anderson (1990) ont observé qu'un grave cas d'érosion survenu près de Saskatoon avait touché entre 25 et 30 % du paysage et ainsi provoqué des pertes potentielles de rendement de l'ordre de 25 à 49 %.

Pennock et de Jong (1990) ont mesuré le taux de redistribution du sol à l'aide du Cs^{137} sur une zone quadrillée de 25 m, à 21 sites regroupés dans 7 champs de la Saskatchewan (tableau 3.2). Les pentes avaient toutes une inclinaison de moins de 6 % (moins de 4% pour la plupart), ce qui laisse supposer que l'érosion hydrique serait moins grave que dans certains terrains de la Saskatchewan. Malgré la douceur des pentes, 68 % des sites échantillonnés ont subi de l'érosion. La perte moyenne de terre a atteint 10 t/ha/année à 19 des 21 sites, tandis que la moyenne globale a dépassé 19 t/ha/année. La perte de terre moyenne était de deux à cinq fois plus élevée que l'exportation nette de sol de la zone d'échantillonnage, ce qui confirme que la plupart du sol se dépose près de l'endroit où se produit l'érosion.

Les données obtenues à l'aide du Cs^{137} fournissent un portrait assez complet de l'ampleur et de la gravité de l'érosion en Saskatchewan depuis les années 60. Tout porte à croire que le phénomène diffère peu en Alberta, au Manitoba et dans la région de la Rivière-de-la-Paix en Colombie-Britannique. Toutes les évaluations menées à l'aide du Cs^{137} (y compris plusieurs non mentionnées dans le présent rapport) ont sans exception dévoilé des situations d'érosion sur d'importantes portions du territoire; cette érosion excède largement toute estimation favorable du taux de formation du sol. Malgré le manque de précision inhérent aux évaluations de l'érosion en plein champ et malgré la rareté des données, on peut conclure que les sols des Prairies canadiennes ont été fortement touchés par l'érosion entre les années 60 et la fin des années 80. Il est probable que l'érosion s'est atténuée au cours des années 90 grâce aux changements survenus dans la gestion des terres, notamment la réduction des superficies en jachère et l'adoption du semis direct. Une nouvelle évaluation approfondie des taux d'érosion à l'aide du Cs^{137} devra être menée à plusieurs des sites préalablement étudiés pour mieux calibrer les données existantes et évaluer l'effet des pratiques améliorées de gestion des terres sur l'état des terres.

L'importance de ces mesures et des taux d'érosion qui devraient en résulter sur la productivité des terres n'est pas pleinement comprise, du fait qu'on ne connaît rien des taux de formation du sol dans les Prairies canadiennes. Aux É.-U., des seuils de tolérance d'érosion (T) allant de 11,2 à 2,2 t/ha ont été établis pour chaque catégorie de sol, d'après les propriétés pédologiques et les répercussions économiques de l'érosion à l'échelon de l'exploitation agricole (Johnson, 1987). Comme les sols des Prairies sont gelés pendant près de la moitié de l'année, il est probable que les valeurs T appropriées correspondraient à 50 % environ de celles proposées pour les É.-U. Si c'est le cas, les taux d'érosion tolérables ont été dépassés dans presque tous les champs d'évaluation situés dans les Prairies canadiennes, parfois

Tableau 3.2 Redistribution du sol (en t/ha/année) par type de sol dans 21 parcelles d'échantillonnage de la Saskatchewan[1]

Type de sol	Exportation nette de sol	Perte moyenne de sol	Gain moyen de sol
Brun	- 8,2	- 19,7 (91)[2]	+ 11,4 (65)
Brun foncé	- 11,2	- 19,2 (246)	+ 14,7 (73)
Noir	- 5,2	- 18,6 (158)	+ 19,1 (93)

Source : Pennock et de Jong (1990)
[1] Estimations établies d'après les concentrations en Cs^{137}
[2] Nombre de points d'échantillonnage à 25 m d'intervalle dans un quadrillage de 8 par 4

Tableau 3.3 Rendements de blé et report de résidus en kg/ha dans un sol limoneux en rotation continue et culture sans travail du sol près de Swift Current (Sask.)[1]

Année	Rendement	Résidus ancrés	Résidus non ancrés (chaumes)	Résidus totaux
1983	1 755	877	6 277	7 154
1984	343[2]	168	3 008	3 176
1985	521[2]	348	3 180	3 528
1986	2 855	667	2 440	3 107
1987	1 600[2]	618	1 712	2 330
1988	653[2]	279	3 067	3 346
1989	–	1 083	2 183	3 266

Source : Données sur les rendements - Tessier *et al.* (1990); Données sur les résidus – McConkey (1999)
Nota : [1] Poids de paille mesuré après la moisson
[2] Années de précipitations inférieures à la moyenne sur 100 ans pendant la saison de croissance

même dans des champs où avait été adopté le travail minimum du sol. Les systèmes de culture sans travail du sol et de semis direct sont pratiqués sur moins de 50 % des terres ensemencées annuellement dans les Prairies, ce qui laisse penser que d'importantes étendues de terrain ne bénéficient pas actuellement de pratiques agricoles durables.

Pratiques culturales qui influencent l'érosion

Malgré les bienfaits indéniables des pratiques de lutte à long terme contre l'érosion éolienne et hydrique, comme les fossés enherbés, les brise-vent et la culture en bandes, la majorité des agriculteurs ont recours aux résidus de récolte et à la rugosité du terrain comme moyen de lutte contre l'érosion dans les terres supportant des cultures annuelles. Dans la plupart des cas, cette stratégie s'avère efficace durant les années où l'humidité du sol est adéquate et la production de résidus est suffisante. Toutefois, la sécheresse, le feu, les invasions d'insectes et les épidémies, d'une part, et, d'autre part, la récolte de paille à des fins industrielles, le recours à la jachère et les cultures à faibles résidus (ex., canola, lentilles) réduisent, voire éliminent toute marge de sécurité et augmentent le risque d'érosion.

En l'absence d'autres méthodes de conservation du sol, la quantité de résidus requise pour contrôler l'érosion éolienne et hydrique est influencée par de nombreux facteurs. Parmi ces facteurs figurent le pouvoir d'érosion de la pluie ou du vent à un moment donné, la topographie du terrain, la sensibilité du sol à l'érosion, la rugosité de la surface et la force d'ancrage des résidus. Dyck (1985) a avancé que les sols sableux, argileux et limoneux ont besoin de 2 000, 1 500 et 1 000 kg/ha, respectivement, de résidus de chaumes de blé pour contrer l'érosion éolienne. Pour lutter contre l'érosion hydrique, il préconise entre 780 et 1 100 kg/ha de résidus sur les pentes de 6 à 9 % d'inclinaison et entre 1 100 et 1 700 kg/ha sur les pentes de 10 à 15 % d'inclinaison (Dyck, 1985).

Dans les régimes de travail minimum du sol et de culture sans labour, les résidus de récolte se décomposent plus lentement que dans les régimes de travail intensif du sol. Ces résidus peuvent rester plus ou moins intacts pendant jusqu'à trois ans, selon le type de culture et les conditions climatiques. Ainsi, les résidus de cultures précédentes s'accumulent éventuellement et poursuivent leur rôle de lutte contre l'érosion même après une culture à faibles résidus ou une récolte peu abondante. Le tableau 3.3 fournit des données précises sur les rendements et les quantités de résidus dans un loam limoneux supportant du blé en culture continue, sans travail du sol, près de Swift Current (Sask.). Les précipitations se situaient en deçà de la moyenne sur 100 ans pendant toutes les années de l'étude, sauf en 1983 et en 1986. Malgré les faibles rendements, l'accumulation de résidus des années précédentes a été suffisamment importante pour contrer l'érosion du sol.

Selon Larney *et al.* (1994a), dans les régions plus humides des Prairies, le volume de résidus de récolte des terres exploitées en rotation continue est normalement suffisamment important pour contrôler l'érosion. Par contre, les terres à texture fine et à texture grossière de la zone des sols bruns supportant des cultures en alternance avec de la jachère sont susceptibles à l'érosion lorsque le

(1987) ont prélevé des échantillons dans 3 zones de superficie variant entre 7 et 10 hectares dans des sols noirs situés près de Saskatoon. Les résultats ont mis en évidence une perte de particules de sol à 83 % des points d'échantillonnage situés dans une zone de sol morainique. Les recherches ont permis d'observer des pertes nettes de terre dans les sols fluvioglaciaires et glacio-lacustres à 89 et 87 % des sites respectivement. La quantité moyenne de terre érodée était de 27, 16 et 21 t/ha/année aux trois sites. La sédimentation ne s'est produite qu'à entre 11 et 17 % de la zone à l'étude. Verity et Anderson (1990) ont observé qu'un grave cas d'érosion survenu près de Saskatoon avait touché entre 25 et 30 % du paysage et ainsi provoqué des pertes potentielles de rendement de l'ordre de 25 à 49 %.

Pennock et de Jong (1990) ont mesuré le taux de redistribution du sol à l'aide du Cs^{137} sur une zone quadrillée de 25 m, à 21 sites regroupés dans 7 champs de la Saskatchewan (tableau 3.2). Les pentes avaient toutes une inclinaison de moins de 6 % (moins de 4% pour la plupart), ce qui laisse supposer que l'érosion hydrique serait moins grave que dans certains terrains de la Saskatchewan. Malgré la douceur des pentes, 68 % des sites échantillonnés ont subi de l'érosion. La perte moyenne de terre a atteint 10 t/ha/année à 19 des 21 sites, tandis que la moyenne globale a dépassé 19 t/ha/année. La perte de terre moyenne était de deux à cinq fois plus élevée que l'exportation nette de sol de la zone d'échantillonnage, ce qui confirme que la plupart du sol se dépose près de l'endroit où se produit l'érosion.

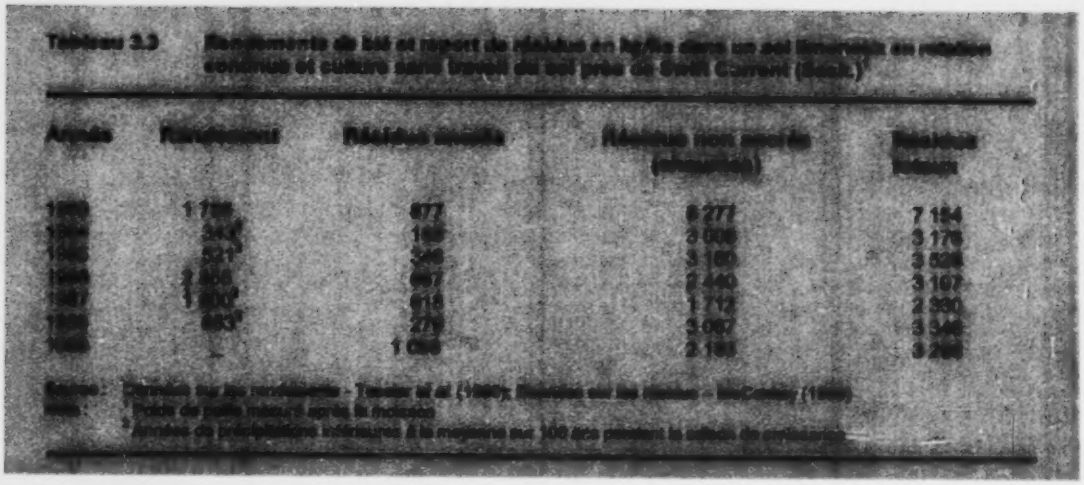
Les données obtenues à l'aide du Cs^{137} fournissent un portrait assez complet de l'ampleur et de la gravité de l'érosion en Saskatchewan depuis les années 60. Tout porte à croire que le phénomène diffère peu en Alberta, au Manitoba et dans la région de la Rivière-de-la-Paix en Colombie-Britannique. Toutes les évaluations menées à l'aide du Cs^{137} (y compris plusieurs non mentionnées dans le présent rapport) ont sans exception dévoilé des situations d'érosion sur d'importantes portions du territoire; cette érosion excède largement toute estimation favorable du taux de formation du sol. Malgré le manque de précision inhérent aux évaluations de l'érosion en plein champ et malgré la rareté des données, on peut conclure que les sols des Prairies canadiennes ont été fortement touchés par l'érosion entre les années 60 et la fin des années 80. Il est probable que l'érosion s'est atténuée au cours des années 90 grâce aux changements survenus dans la gestion des terres, notamment la réduction des superficies en jachère et l'adoption du semis direct. Une nouvelle évaluation approfondie des taux d'érosion à l'aide du Cs^{137} devra être menée à plusieurs des sites préalablement étudiés pour mieux calibrer les données existantes et évaluer l'effet des pratiques améliorées de gestion des terres sur l'état des terres.

L'importance de ces mesures et des taux d'érosion qui devraient en résulter sur la productivité des terres n'est pas pleinement comprise, du fait qu'on ne connaît rien des taux de formation du sol dans les Prairies canadiennes. Aux É.-U., des seuils de tolérance d'érosion (T) allant de 11,2 à 2,2 t/ha ont été établis pour chaque catégorie de sol, d'après les propriétés pédologiques et les répercussions économiques de l'érosion à l'échelon de l'exploitation agricole (Johnson, 1987). Comme les sols des Prairies sont gelés pendant près de la moitié de l'année, il est probable que les valeurs T appropriées correspondraient à 50 % environ de celles proposées pour les É.-U. Si c'est le cas, les taux d'érosion tolérables ont été dépassés dans presque tous les champs d'évaluation situés dans les Prairies canadiennes, parfois

Tableau 3.2 [illegible] **d'échantillonnage de la Saskatchewan**[1]

Type de sol	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Brun	- 8,2	- 19,7 (91)[2]	+ 11,4 (66)
Brun foncé	- 11,2	- 19,2 (246)	+ 14,7 (73)
Noir	- 5,2	- 18,8 (156)	+ 18,1 (83)

Source : Pennock et de Jong (1990)
[1] Estimations établies d'après les concentrations en Cs^{137}
[2] Nombre de points d'échantillonnage à 25 m d'intervalle dans un quadrillage de 6 par 4



même dans des champs où avait été adopté le travail minimum du sol. Les systèmes de culture sans travail du sol et de semis direct sont pratiqués sur moins de 50 % des terres ensemencées annuellement dans les Prairies, ce qui laisse penser que d'importantes étendues de terrain ne bénéficient pas actuellement de pratiques agricoles durables.

Pratiques culturales qui influencent l'érosion

Malgré les bienfaits indéniables des pratiques de lutte à long terme contre l'érosion éolienne et hydrique, comme les fossés enherbés, les brise-vent et la culture en bandes, la majorité des agriculteurs ont recours aux résidus de récolte et à la rugosité du terrain comme moyen de lutte contre l'érosion dans les terres supportant des cultures annuelles. Dans la plupart des cas, cette stratégie s'avère efficace durant les années où l'humidité du sol est adéquate et la production de résidus est suffisante. Toutefois, la sécheresse, le feu, les invasions d'insectes et les épidémies, d'une part, et, d'autre part, la récolte de paille à des fins industrielles, le recours à la jachère et les cultures à faibles résidus (ex., canola, lentilles) réduisent, voire éliminent toute marge de sécurité et augmentent le risque d'érosion.

En l'absence d'autres méthodes de conservation du sol, la quantité de résidus requise pour contrôler l'érosion éolienne et hydrique est influencée par de nombreux facteurs. Parmi ces facteurs figurent le pouvoir d'érosion de la pluie ou du vent à un moment donné, la topographie du terrain, la sensibilité du sol à l'érosion, la rugosité de la surface et la force d'ancrage des résidus. Dyck (1985) a avancé que les sols sableux, argileux et limoneux ont besoin de 2 000, 1 500 et 1 000 kg/ha, respectivement, de résidus de chaumes de blé pour contrer l'érosion éolienne. Pour lutter contre l'érosion hydrique, il préconise entre 780 et 1 100 kg/ha de résidus sur les pentes de 6 à 9 % d'inclinaison et entre 1 100 et 1 700 kg/ha sur les pentes de 10 à 15 % d'inclinaison (Dyck, 1985).

Dans les régimes de travail minimum du sol et de culture sans labour, les résidus de récolte se décomposent plus lentement que dans les régimes de travail intensif du sol. Ces résidus peuvent rester plus ou moins intacts pendant jusqu'à trois ans, selon le type de culture et les conditions climatiques. Ainsi, les résidus de cultures précédentes s'accumulent éventuellement et poursuivent leur rôle de lutte contre l'érosion même après une culture à faibles résidus ou une récolte peu abondante. Le tableau 3.3 fournit des données précises sur les rendements et les quantités de résidus dans un loam limoneux supportant du blé en culture continue, sans travail du sol, près de Swift Current (Sask.). Les précipitations se situaient en deçà de la moyenne sur 100 ans pendant toutes les années de l'étude, sauf en 1983 et en 1986. Malgré les faibles rendements, l'accumulation de résidus des années précédentes a été suffisamment importante pour contrer l'érosion du sol.

Selon Larney *et al.* (1994a), dans les régions plus humides des Prairies, le volume de résidus de récolte des terres exploitées en rotation continue est normalement suffisamment important pour contrôler l'érosion. Par contre, les terres à texture fine et à texture grossière de la zone des sols bruns supportant des cultures en alternance avec de la jachère sont susceptibles à l'érosion lorsque le

régime de travail du sol est de type conventionnel ou minimal. Les auteurs ont aussi observé que les terres irriguées supportant des cultures annuelles sont fréquemment exposées à l'érosion à cause des façons culturales intensives et de la fréquence de cultures à faibles résidus. Dans les sols bruns de la Saskatchewan, une rotation d'oléagineux suivis de légumineuses à graine et de jachère risque de retenir moins de 600 kg/ha de résidus (Anderson, 1968), d'où une exposition accrue des champs à l'érosion. Tessier *et al.* (1990) ont étudié l'incidence des régimes de travail du sol conventionnel, de travail minimum et de culture sans labour sur l'agrégation du sol sec dans trois types de sols bruns de la Saskatchewan exploités en rotation continue de blé et en rotation blé-jachère. Dans la plupart des cas, les terres exploitées sans labour présentaient une plus grande agrégation que les terres travaillées conventionnellement ou de manière minimale (tableau 3.4). Toutefois, les sols présentaient une faible agrégation dans de nombreuses parcelles d'essai, particulièrement les parcelles de loam sableux, qui sont demeurées sensibles à l'érosion pendant toute la durée de l'étude, peu importe le régime de

Tableau 3.4 Incidence du travail du sol sur l'érosion du sol (% d'agrégats inférieurs à 0,84 mm) mesurée en octobre dans une rotation de blé en continu et de blé-jachère dans trois types de texture à proximité de Swift Current (Sask.)

Texture du sol	Année	Blé en continu		Blé suivi de jachère			Après jachère			
		Conv	Zéro	Conv	Min	Zéro	Conv	Min	Zéro	ET
Loam limoneux	1983	42	36	40	41	40	67	62	35	2,3
	1984	61	50	75	70	54	71	63	54	2,0
	1985	66	46	62	70	57	76	56	45	3,3
	1986	57	41	64	40	39	68	56	40	2,2
	1987	65	46	69	66	50	65	56	35	2,1
	1988	76	56	85	76	65	80	80	62	2,1
Loam sableux	1983	77	70		70	79		91	70	2,0
	1984	84	75		81	74		87	76	3,0
	1985	86	87		84	84		87	87	2,2
	1986	[illegible]	87		86	81		87	87	2,7
	1987	[illegible]	77		90	74		83	77	1,9
	1988	[illegible]	86		88	76		94	86	1,8
Argile	1983	46	43		61	51		71	51	3,3
	1984	[illegible]	43		66	42		[illegible]	46	3,8
	1985	[illegible]	[illegible]		63	50		[illegible]	[illegible]	3,0
	1986	[illegible]	[illegible]		64	60		[illegible]	50	1,5
	1987	[illegible]	56		73	64		66	64	3,2
	1988	[illegible]	78		82	61		[illegible]	61	1,1

Source : Tessier et al. (1990)

Note : [1] Données exclues de l'analyse de variance du fait qu'elles proviennent de situations où le travail du sol était non requis ou non effectué dans les parcelles de travail minimum de jachère.
Conv = jachère travaillée de manière conventionnelle ou travail du sol avant le semis dans la rotation de blé en continu.
Min = jachère avec travail minimum du sol.
Zéro = absence de travail du sol sur jachère ou semis.
L'essai de travail du sol conventionnel sur jachère a été omis dans le loam sableux et l'argile à cause du risque élevé d'érosion que présentent ces sols.
Les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas d'écart significatif au coefficient de probabilité de 0,05 (selon le nouveau test de comparaisons multiples de Duncan).
Les sols dont plus de 60 % des agrégats de surface présentent un diamètre inférieur à 0,84 mm ne sont pas sensibles à l'érosion (Anderson et Wenhardt, 1966).

travail du sol. Le loam limoneux était sensible à l'érosion chaque année suivant la jachère dans les parcelles de travail du sol conventionnel, trois années sur six dans le cas du travail minimum du sol et une seule année dans les parcelles sans labour. Dans les parcelles supportant la culture continue de blé, le loam limoneux était sensible à l'érosion pendant quatre des six années de travail du sol conventionnel; par contre, en culture sans labour, ce type de sol n'était aucunement sensible à l'érosion. L'agrégation du sol argileux supportant la culture continue de blé était très variable; le sol était sensible à l'érosion pendant trois des six années de travail du sol conventionnel et pendant une année dans les parcelles en culture sans labour.

Tessier *et al.* (1990) ont évalué la quantité moyenne de résidus de récolte après jachère dans le cadre de l'étude précédente. La jachère chimique (jachère à traitements herbicides sans travail du sol) a permis une rétention notablement plus importante de résidus que le travail minimum du sol dans les trois types de terre. Le travail du sol conventionnel, qui a été pratiqué uniquement dans le loam limoneux, a permis de retenir 940 kg/ha de résidus, laissant ainsi le sol vulnérable à l'érosion. Le travail minimum du sol a laissé suffisamment de résidus pour contrer l'érosion dans le loam limoneux uniquement, tandis que la jachère chimique a laissé une quantité suffisante de résidus dans le loam limoneux mais pas dans le loam sableux. Les quantités de résidus n'ont pas été évaluées dans les champs cultivés en continu. Toutefois, en se fiant aux données sur le rendement des cultures et le taux d'agrégation présentées au tableau 3.4, on peut supposer que le loam limoneux était relativement sensible à l'érosion dans le régime de travail du sol conventionnel et modérément sensible à l'érosion dans le régime de travail minimum du sol, de 1985 à 1989. Dans le sol argileux, le blé a été grêlé en 1983 et en 1986 et a produit des rendements déficitaires en 1988, de sorte que ce sol était assez vulnérable à l'érosion en 1988 et en 1989, même dans les parcelles sans labour.

Larney *et al.* (1994b) et Johnston *et al.* (1994) ont évalué l'incidence des régimes de gestion des jachères sur l'érosion globale dans un sol argileux supportant une rotation blé-jachère à Lethbridge de 1977 à 1991. Les données de cette étude, qui sont présentées au tableau 3.5, peuvent être interprétées à la lumière des recommandations de Bisal et Ferguson (1970), selon lesquelles les sols présentant plus de 40 % d'agrégats de diamètre supérieur à 1 mm nécessiteraient 500 kg/ha environ de résidus sous forme de chaumes de blé de 15 cm de haut comme protection contre l'érosion éolienne. Ces chercheurs ont en outre recommandé que les sols contenant 30 % et 20 % d'agrégats possèdent une quantité estimative de 1 000 et de 2 700 kg/ha, respectivement, de chaumes de blé comme protection contre l'érosion.

Il est probable que les résidus qui persistent après une jachère travaillée à la herse à disque à sens unique et au cultivateur lourd sont aplatis et partiellement dressés, de sorte que les champs ainsi travaillés sont probablement vulnérables à l'érosion. Les autres traitements offriraient une résistance stable à l'érosion, compte tenu des moyennes fournies dans ce tableau. Toutefois, des facteurs comme l'adoption de cultures à faibles

Tableau 3.5 Quantité de résidus de récolte et pourcentage d'agrégats de plus de 0,84 mm en fonction du travail du sol dans un loam argileux en jachère – Lethbridge (Alberta)

Traitement de la jachère	Travail du sol (nbre de passages)	Résidus en kg/ha[4]	% agrégats > 0,84 mm Automne	Printemps[4]
Disque sens unique	2	408	60,6	42,5
Jachère chimique	0	1 514	47,8	36,4
Cultivateur lourd[1]	3	669	56,8	42,9
Cultivateur à pattes larges[2]	3	1 174	52,5	38,6
Cult. à pattes larges et herbicides[3]	1	1 248	49,7	36,5

Source : Johnston *et al.* (1994)
Nota : [1] Cultivateur lourd
[2] Cultivateur à pattes larges
[3] Application de glyphosate l'année de la jachère puis simple passage de cultivateur à pattes larges à l'automne
[4] Mesures effectuées avant le semis dans les deux cas

régime de travail du sol est de type conventionnel ou minimal. Les auteurs ont aussi observé que les terres irriguées supportant des cultures annuelles sont fréquemment exposées à l'érosion à cause des façons culturales intensives et de la fréquence de cultures à faibles résidus. Dans les sols bruns de la Saskatchewan, une rotation d'oléagineux suivis de légumineuses à graine et de jachère risque de retenir moins de 600 kg/ha de résidus (Anderson, 1968), d'où une exposition accrue des champs à l'érosion. Tessier *et al.* (1990) ont étudié l'incidence des régimes de travail du sol conventionnel, de travail minimum et de culture sans labour sur l'agrégation du sol sec dans trois types de sols bruns de la Saskatchewan exploités en rotation continue de blé et en rotation blé jachère. Dans la plupart des cas, les terres exploitées sans labour présentaient une plus grande agrégation que les terres travaillées conventionnellement ou de manière minimale (tableau 3.4). Toutefois, les sols présentaient une faible agrégation dans de nombreuses parcelles d'essai, particulièrement les parcelles de loam sableux, qui sont demeurées sensibles à l'érosion pendant toute la durée de l'étude, peu importe le régime de

Tableau 3.4 Incidence du travail du sol sur l'érosion du sol (% d'agrégats inférieurs à 0,84 mm) mesurée en octobre dans une rotation de blé en continu et de blé-jachère dans trois types de texture à proximité de Swift Current (Sask.)

Texture du sol	Année	Blé en continu		Blé suivi de jachère			Après jachère			
		Conv	Zéro	Conv	Min	Zéro	Conv	Min	Zéro	$S\bar{x}$
Loam limoneux	1983	42^{b}	36^{b}	40^{b}	41^{b}	40^{b}	67^{a}	62^{a}	35^{b}	2,3
	1984	61^{b}	50^{c}	75^{a}	70^{a}	54^{c}	71^{a}	63^{a}	54^{c}	2,0
	1985	68^{ab}	49^{de}	62^{bc}	70^{ab}	57^{cd}	76^{a}	56^{1}	45^{c}	3,3
	1986	57^{b}	41^{d}	54^{bc}	49^{2}	39^{d}	66^{a}	58^{b}	49^{c}	2,2
	1987	68^{a}	46^{c}	69^{a}	69^{a}	50^{bc}	65^{a}	56^{b}	35^{d}	2,1
	1988	76^{b}	56^{d}	83^{a}	76^{a}	65^{c}	80^{ab}	80^{ab}	62^{cd}	2,1
Loam sableux	1983	77^{bc}	70^{b}		76^{bc}	79^{b}		91^{a}	70^{b}	2,0
	1984	84^{a}	76^{a}		81^{a}	74^{a}		87^{1}	76^{b}	3,0
	1985	92^{a}	87^{ab}		84^{1}	84^{b}		87^{1}	87^{ab}	2,2
	1986	92^{a}	87^{ab}		85^{1}	81^{b}		87^{1}	87^{ab}	2,7
	1987	89^{a}	77^{bc}		80^{1}	74^{cd}		83^{b}	77^{bc}	1,9
	1988	93^{a}	85^{b}		85^{b}	79^{c}		94^{a}	85^{b}	1,8
Argile	1983	49^{bc}	43^{c}		51^{bc}	51^{bc}		71^{a}	51^{bc}	3,3
	1984	56^{ab}	43^{c}		63^{ab}	42^{c}		66^{a}	42^{c}	3,6
	1985	59^{a}	48^{b}		63^{1}	50^{b}		60^{1}	50^{b}	3,0
	1986	55^{a}	39^{c}		64^{1}	50^{b}		60^{1}	50^{b}	1,5
	1987	60^{a}	56^{ab}		73^{1}	64^{a}		65^{1}	64^{a}	3,2
	1988	82^{a}	72^{b}		82^{1}	81^{a}		82^{a}	81^{a}	1,1

Source : Tessier *et al.* (1990)

Nota : ¹ Données exclues de l'analyse de variance du fait qu'elles proviennent de situations où le travail du sol était non requis ou non effectué dans les parcelles de travail minimum de jachère.
Conv = jachère travaillée de manière conventionnelle ou travail du sol avant le semis dans la rotation de blé en continu;
Min = jachère avec travail minimum du sol;
Zéro = absence de travail du sol sur jachère ou semis.
L'essai de travail du sol conventionnel sur jachère a été omis dans le loam sableux et l'argile à cause du risque élevé d'érosion que présentent ces sols.
Les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas d'écart significatif au coefficient de probabilité de 0,05 (selon le nouveau test de comparaisons multiples de Duncan).
Les sols dont plus de 60 % des agrégats de surface présentent un diamètre inférieur à 0,84 mm ne sont pas sensibles à l'érosion (Anderson et Wenhardt, 1966).

travail du sol. Le loam limoneux était sensible à l'érosion chaque année suivant la jachère dans les parcelles de travail du sol conventionnel, trois années sur six dans le cas du travail minimum du sol et une seule année dans les parcelles sans labour. Dans les parcelles supportant la culture continue de blé, le loam limoneux était sensible à l'érosion pendant quatre des six années de travail du sol conventionnel; par contre, en culture sans labour, ce type de sol n'était aucunement sensible à l'érosion. L'agrégation du sol argileux supportant la culture continue de blé était très variable; le sol était sensible à l'érosion pendant trois des six années de travail du sol conventionnel et pendant une année dans les parcelles en culture sans labour.

Tessier *et al.* (1990) ont évalué la quantité moyenne de résidus de récolte après jachère dans le cadre de l'étude précédente. La jachère chimique (jachère à traitements herbicides sans travail du sol) a permis une rétention notablement plus importante de résidus que le travail minimum du sol dans les trois types de terre. Le travail du sol conventionnel, qui a été pratiqué uniquement dans le loam limoneux, a permis de retenir 940 kg/ha de résidus, laissant ainsi le sol vulnérable à l'érosion. Le travail minimum du sol a laissé suffisamment de résidus pour contrer l'érosion dans le loam limoneux uniquement, tandis que la jachère chimique a laissé une quantité suffisante de résidus dans le loam limoneux mais pas dans le loam sableux. Les quantités de résidus n'ont pas été évaluées dans les champs cultivés en continu. Toutefois, en se fiant aux données sur le rendement des cultures et le taux d'agrégation présentées au tableau 3.4, on peut supposer que le loam limoneux était relativement sensible à l'érosion dans le régime de travail du sol conventionnel et modérément sensible à l'érosion dans le régime de travail minimum du sol, de 1985 à 1989. Dans le sol argileux, le blé a été grêlé en 1983 et en 1986 et a produit des rendements déficitaires en 1988, de sorte que ce sol était assez vulnérable à l'érosion en 1988 et en 1989, même dans les parcelles sans labour.

Larney *et al.* (1994b) et Johnston *et al.* (1994) ont évalué l'incidence des régimes de gestion des jachères sur l'érosion globale dans un sol argileux supportant une rotation blé jachère à Lethbridge de 1977 à 1991. Les données de cette étude, qui sont présentées au tableau 3.5, peuvent être interprétées à la lumière des recommandations de Bisal et Ferguson (1970), selon lesquelles les sols présentant plus de 40 % d'agrégats de diamètre supérieur à 1 mm nécessiteraient 500 kg/ha environ de résidus sous forme de chaumes de blé de 15 cm de haut comme protection contre l'érosion éolienne. Ces chercheurs ont en outre recommandé que les sols contenant 30 % et 20 % d'agrégats possèdent une quantité estimative de 1 000 et de 2 700 kg/ha, respectivement, de chaumes de blé comme protection contre l'érosion.

Il est probable que les résidus qui persistent après une jachère travaillée à la herse à disque à sens unique et au cultivateur lourd sont aplatis et partiellement dressés, de sorte que les champs ainsi travaillés sont probablement vulnérables à l'érosion. Les autres traitements offraient une résistance stable à l'érosion, compte tenu des moyennes fournies dans ce tableau. Toutefois, des facteurs comme l'adoption de cultures à faibles

Tableau 3.5 Quantité de résidus de récolte et pourcentage d'agrégats de plus de 0,84 mm en fonction du travail du sol dans un loam argileux en jachère – Lethbridge (Alberta)

Traitement de la jachère	Travail du sol (n[bre] de passages)	Résidus en kg/ha[4]	% agrégats > 0,84 mm Automne	Printemps[4]
Disque sens unique	2	408	60,6	42,5
Jachère chimique	0	1 514	47,8	36,4
Cultivateur lourd[1]	3	669	56,8	42,9
Cultivateur à pelles larges[2]	3	1 174	52,5	38,6
Cult. à pelles larges et herbicides[3]	1	1 248	49,7	36,5

Source : Johnston *et al.* (1994)
Nota : [1] Cultivateur lourd
[2] Cultivateur à pelles larges
[3] Application de glyphosate l'année de la jachère puis simple passage de cultivateur à pelles larges à l'automne
[4] Mesures effectuées avant le semis dans les deux cas

résidus, la dégradation des cultures par des insectes ou la maladie ou encore la réduction des rendements en cas de sécheresse se traduiraient par l'accroissement de l'érosivité dans tous les traitements.

La tendance vers le semis direct, la réduction du travail du sol à l'automne et l'intensification de la rotation au détriment de la jachère a probablement contribué à freiner l'érosion due au travail du sol. D'autres améliorations pourraient être obtenues à cet égard en utilisant des outils aratoires favorisant un moindre émiettement, en réduisant la vitesse d'avancement des outils ainsi qu'en diminuant encore plus le nombre de passages et l'intensité du travail du sol.

Une meilleure gestion des résidus de récolte, rendue possible par le semis direct et le remplacement du travail du sol par l'application d'herbicides, a entraîné une nette réduction du risque d'érosion, sans toutefois éliminer complètement ce risque. Les enquêtes de l'ARAP sur les résidus de récolte révèlent systématiquement de faibles niveaux de matières résiduelles après les semis dans les terres cultivées de la Saskatchewan. L'enquête de 1998 a montré que 62 % des champs ensemencés et 12 % des champs laissés en jachère l'année en question renfermaient moins de 550 kg/ha de résidus et craignaient l'érosion (données non publiées de l'ARAP). Il est peu probable que les niveaux de résidus étaient plus élevés en Alberta et au Manitoba.

On peut conclure d'après ces enquêtes que plus de 50 % des champs supportant des cultures annuelles sont exposés à l'érosion chaque année dans les Prairies. La réduction de la fréquence des jachères et du travail du sol à l'automne ainsi que l'adoption de méthodes de semis direct ont contribué à réduire la durée d'exposition des terres à l'érosion. Il reste cependant beaucoup à faire dans les champs ensemencés selon des méthodes qui favorisent une forte perturbation du sol. Des cas d'érosion intense et généralisée pourraient encore se produire dans des conditions météorologiques extrêmes, particulièrement lorsque plusieurs années de sécheresse se succèdent.

La rareté des cas de forte érosivité peut faire croire que les nouvelles méthodes agronomiques ont permis de contrôler l'érosion. Dans les années 70, il était courant de penser que les résidus des cultures à fort rendement permettaient de contrer l'érosion. Les tempêtes de poussière survenues en 1979 et 1981 ont vite suscité un regain d'intérêt pour la conservation des sols, dès lors qu'on a pris conscience du risque d'érosion dû au travail du sol répété dans les jachères et à l'enfouissement des herbicides à action radiculaire.

Probabilités d'érosion

La redistribution du sol sous l'effet du vent et de l'eau se produit surtout lorsque des tempêtes fortement érosives frappent des terres peu protégées (Chepil *et al.*, 1962; Wischmeier, 1962; Larson *et al.*, 1997). À titre d'exemple, deux fortes tempêtes de pluie représentant une accumulation de 116 mm d'eau se sont abattues en juin 1990 et ont causé une forte érosion hydrique près de Deerwood, au Manitoba. Dans des champs d'essai de l'ARAP, les pertes de sol ont atteint en moyenne 175 t/ha et 145 t/ha, respectivement, dans des parcelles voisines supportant une rotation blé-oléagineux et travaillées, l'une de manière conventionnelle et l'autre de manière minimale (données non publiées de l'ARAP). L'analyse des précipitations a dévoilé qu'une force égale à celle des pluies reçues en 1990 survient en moyenne une fois tous les 30 ans. Le pourcentage de sol érodé a atteint 70 % et 73 % respectivement de la quantité totale de sol érodé pendant la période totale d'étude des parcelles, de 1986 à 1993.

La faible probabilité des cas d'érosion extrême constitue un véritable dilemme pour les agriculteurs. En effet, du fait que certaines méthodes de conservation s'avèrent coûteuses ou peu pratiques, une analyse des avantages par rapport aux coûts s'impose. Toute décision incorrecte de la part de l'agriculteur dans la gestion de ses terres peut entraîner de graves problèmes d'érosion ainsi que la diminution de la fertilité du sol à long terme. Il revient à l'ensemble de la société de décider s'il faut traiter le sol comme une ressource renouvelable et, le cas échéant, qui devrait supporter le coût de sa protection contre les aléas climatiques.

Conclusion

Des preuves irréfutables démontrent que l'érosion du sol dans les Prairies canadiennes amenuise gravement la fertilité des terres et peut contribuer à détériorer l'environnement. De plus, il est incontestable qu'une forte érosion, dépassant largement le taux de formation du sol, a sévi en Saskatchewan des années 60 aux années 80. Les conditions observées dans cette province existaient également dans d'autres régions des Prairies.

Depuis les années 80, on a observé une importante réduction des superficies en jachère ainsi qu'un taux élevé d'adoption des méthodes de conservation du sol, comme le semis direct. Néanmoins, le suivi des terres pratiqué en 1997 et en 1998 dans la Saskatchewan a révélé que la plupart des champs cultivés demeurent gravement exposés à l'érosion.

L'adoption de régimes de travail minimum du sol et de culture sans labour ne mettra pas nécessairement fin à l'érosion des terres. Parfois les champs s'érodent après une jachère ou une culture à faible résidus ou encore des suites d'une sécheresse, d'une épidémie, d'un feu ou encore de la décision mal fondée de récolter la paille. De plus amples travaux sont requis pour évaluer les probabilités et l'importance de tels facteurs par rapport au maintien durable du sol.

Les régimes de culture sans labour et de semis direct à faible perturbation du sol conjugués au recours à la culture en continu offrent la possibilité de contrer l'érosion et de réparer certains des dégâts infligés dans le passé. Ces pratiques ne remplaceront pas les fractions de particules fines perdues auparavant et ne redonneront pas au sol sa profondeur d'enracinement, mais, moyennant une fertilisation suffisante, elles permettront de ramener le taux de matière organique au niveau d'équilibre. Ces améliorations renforceront les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et accroîtront sa fertilité.

Les cas d'érosion extrême causée par le vent et l'eau surviennent surtout de manière ponctuelle et s'avèrent alors dévastateurs pour les sols exposés. De telles situations peuvent ne survenir qu'une fois dans la carrière d'un agriculteur, ce qui justifie difficilement les frais et les efforts spéciaux qu'exigent bon nombre de pratiques de conservation du sol.

Dans bien des cas, il faut recourir aux pratiques de conservation à long terme, comme l'implantation de brise-vent, la culture en bandes et l'aménagement de fossés enherbés, pour supplémenter les méthodes de gestion des résidus de récolte. Ces pratiques peuvent toutefois présenter des inconvénients pour l'utilisation de machines agricoles de grande envergure.

Les programmes de recherche et de sensibilisation du public sont requis pour faire valoir les pratiques de conservation du sol et en démontrer l'efficacité, d'une part, et, de l'autre, pour mettre au point de nouvelles méthodes. Les pratiques de conservation à long terme s'imposent dans certaines situations pour lutter efficacement contre l'érosion. Dans de tels cas, les gouvernements ont un rôle d'appui à jouer pour assurer le maintien de la fertilité des sols dans les Prairies canadiennes.

La salinité du sol dans les Prairies

Les sols salins se caractérisent par la présence dans la rhizosphère de sels solubles en concentration suffisamment élevée pour nuire à la plupart des plantes. La salinité du sol est causée par une combinaison de facteurs géologiques, climatiques

Photo: Dave Reede

Les méthodes de travail du sol propices à la conservation des terres améliorent la qualité du sol et facilitent ainsi la diversification des cultures.

et agronomiques. La salinité qui était présente avant la colonisation des terres est souvent appelée *salinité historique*, tandis que les cas de salinité soupçonnés de s'être développés principalement après la colonisation des terres (sous l'effet des cultures) sont souvent appelées *remontées salines*. Toutefois, la distinction entre ces deux types de salinité n'est pas toujours évidente pour les spécialistes qui évaluent l'étendue des nappes salines ou leur propagation éventuelle.

L'eau apportée par les précipitations pendant les périodes de jachère ou de repos du sol entre les cultures semble être la principale source des remontées récentes de salinité (Black *et al.*, 1981). Toutefois, des études démontrent que certaines remontées d'origine incertaine pourraient simplement être liées à une évolution cyclique de la salinité due aux changements climatiques et météorologiques (Harker *et al.*, 1996).

La figure 3.5 illustre au moyen d'un diagramme simplifié les mécanismes potentiels de salinisation. Le rapport intitulé *Land Degradation and Soil Conservation Issues on the Canadian Prairies* et publié par l'ARAP en 1983 renferme une description plus détaillée du processus de salinisation.

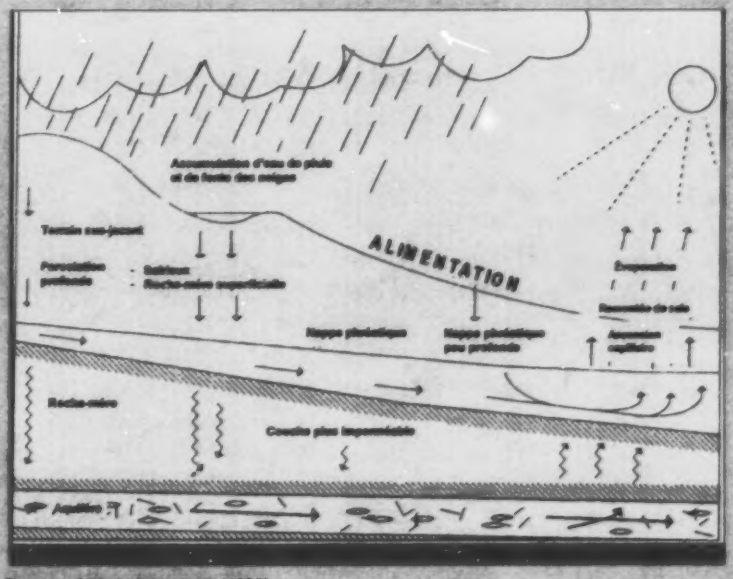
Effets de la salinité

La salinité peut affecter la qualité du sol en modifiant les processus physico-chimiques et en réduisant ainsi la faculté des plantes d'extraire l'humidité du sol. Les sels exercent un effet chimique direct sur les plantes en perturbant leur processus nutritionnel et métabolique, ainsi qu'un effet indirect en modifiant la structure, la perméabilité et l'aération du sol (Brown *et al.*, 1983).

L'intensité des perturbations de croissance végétative causées par la salinité dépend de plusieurs facteurs, notamment la texture du sol, la répartition des sels dans le profil cultural et leur composition, l'espèce et la variété de la plante, les conditions météorologiques et la proximité de la zone de racines par rapport à la source d'eau.

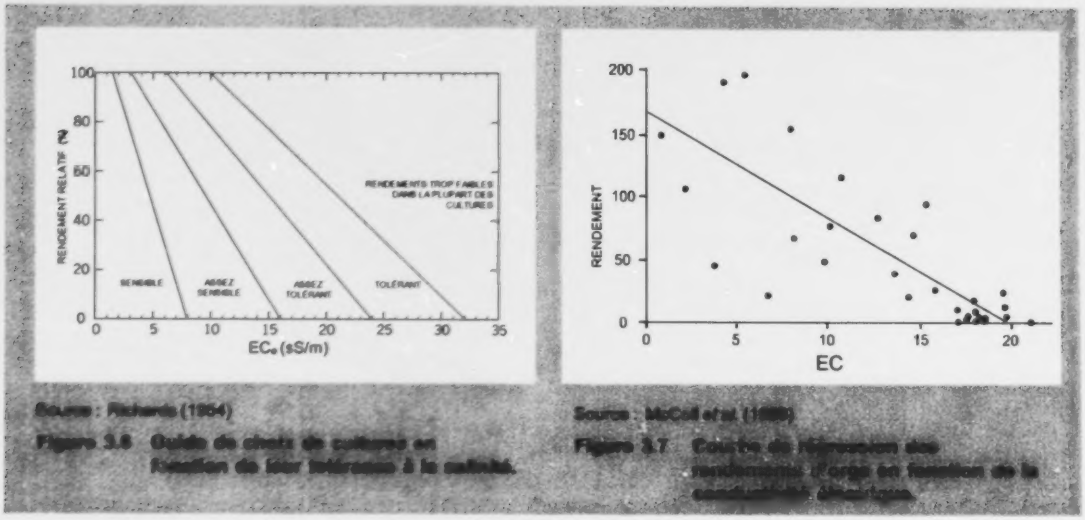
Les sels ne sont pas répartis de manière homogène dans le sol. Par conséquent, l'évaluation de la réaction d'une culture poussant dans un sol salin risque de donner des résultats extrêmement variables (McColl *et al.*, 1986; Eilers, 1998). En dépit de cette variabilité, des différences variétales et de certaines différences causées par le type de sels en présence, la réaction d'une culture donnée à la salinité est suffisamment prévisible pour qu'on puisse classer les cultures en fonction de leur tolérance. Les recherches se poursuivent pour raffiner le système de classification des cultures canadiennes, particulièrement en ce qui concerne la tolérance des variétés et l'effet de certains ions spécifiques (Steppuhn et Wall, 1999)

Le Comité d'experts sur la prospection pédologique formé en 1984 a classé les sols salins selon leur teneur en sels (modérée ou forte) à deux profondeurs (voir tableau 3.6). Toutefois, les effets observés sur la croissance des plantes permettent de conclure qu'une faible concentration en sels peut réduire les rendements de l'ordre de 10 à 20 % dans le blé et d'autres cultures sensibles (Steppuhn, 1996). Bien qu'il soit difficile de dissocier les effets de la *salinité invisible* du déficit hydrique du sol, on sait que le ralentissement de la croissance



Source : Alberta Agriculture (1986)

Figure 3.5 Le processus de salinisation.



Source : Richards (1954)

Figure 3.6 Guide de choix de cultures en fonction de leur tolérance à la salinité.

Source : McCall et al. (1988)

Figure 3.7 Courbe de rendement des rendements d'orge en fonction de la conductivité électrique.

végétale est causé par la combinaison de ces deux facteurs (Bresler *et al.*, 1992).

Les données sur la tolérance des cultures présentées à la figure 3.6 portent sur la réduction en pourcentage des rendements selon les niveaux de tolérance tels que déterminés par la teneur en sels. Ces données semblent refléter la réalité dans le cas des arbres et des arbustes, mais pas dans le cas de bon nombre d'espèces de plantes herbacées. Par ailleurs, bien que les arbres réagissent à la salinité essentiellement de la même manière que les cultures annuelles, ils peuvent s'avérer encore plus sensibles à cette condition (Woods *et al.*, 1993).

La productivité relative d'une culture fourragère irriguée (données obtenues la deuxième année d'un essai mené dans le sud de l'Alberta) dévoile que certaines espèces produisent des rendements plus élevés à mesure que le degré de salinité augmente (McKenzie *et al.*, 1994). Cette tendance est contradictoire dans la mesure où une teneur accrue en eau s'accompagne souvent d'une augmentation de la salinité. Le tableau 3.7 fournit les niveaux de tolérance à la salinité de plusieurs cultures de plein champ, fourragères et maraîchères. La figure 3.7 est une représentation graphique simplifiée de la réaction linéaire entre le rendement et le coefficient ECe (conductivité électrique d'un extrait saturé) exprimé en déci Siemens/mètre (dS/m) pour une variété d'orge. De manière générale, à mesure que la salinité augmente, le rendement diminue. Dans le cas d'autres cultures, l'effet de la salinité est souvent plus prononcé.

La variabilité des concentrations de sels dans le sol est attribuable à la nature dynamique des mouvements de sel en fonction des méthodes de gestion des terres, de la profondeur de la nappe phréatique, du prélèvement d'eau utilisable, des précipitations et du degré de salinité d'une nappe phréatique perchée (Rhoades et Corwin, 1984). Wilson (1964) a découvert des différences allant jusqu'à 6 dS/m dans la conductivité électrique d'échantillons de sol prélevés à 0,6 m d'intervalle dans le sud du Manitoba (à la même profondeur

Tableau 3.6 Classification de la salinité des sols (dS/m)

Profondeur (cm)	Nulle	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
0 – 60	<2	2 – 4	4 - 8	8 - 16	>16
60 – 120	<4	4 – 8	8 - 16	16 - 24	>24

Source : Ellers (1994)

et agronomiques. La salinité qui était présente avant la colonisation des terres est souvent appelée *salinité historique*, tandis que les cas de salinité soupçonnés de s'être développés principalement après la colonisation des terres (sous l'effet des cultures) sont souvent appelées *remontées salines*. Toutefois, la distinction entre ces deux types de salinité n'est pas toujours évidente pour les spécialistes qui évaluent l'étendue des nappes salines ou leur propagation éventuelle.

L'eau apportée par les précipitations pendant les périodes de jachère ou de repos du sol entre les cultures semble être la principale source des remontées récentes de salinité (Black *et al.*, 1981). Toutefois, des études démontrent que certaines remontées d'origine incertaine pourraient simplement être liées à une évolution cyclique de la salinité due aux changements climatiques et météorologiques (Harker *et al.*, 1996).

La figure 3.5 illustre au moyen d'un diagramme simplifié les mécanismes potentiels de salinisation. Le rapport intitulé *Land Degradation and Soil Conservation Issues on the Canadian Prairies* et publié par l'ARAP en 1983 renferme une description plus détaillée du processus de salinisation.

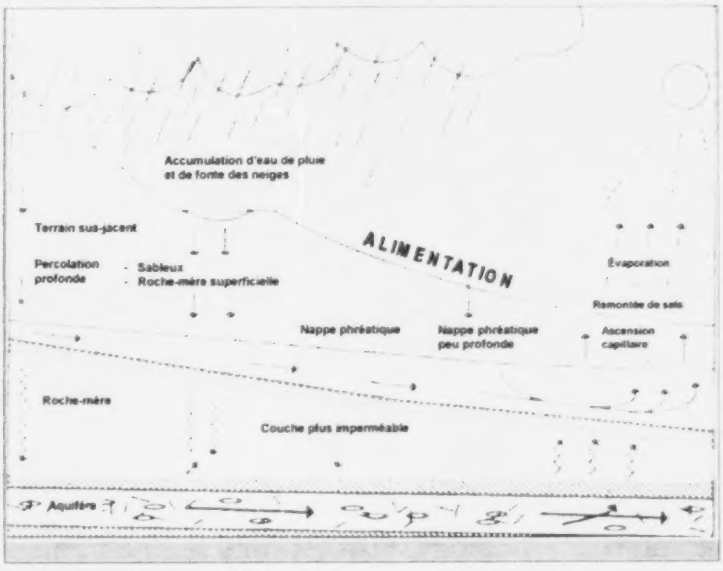
Effets de la salinité

La salinité peut affecter la qualité du sol en modifiant les processus physico-chimiques et en réduisant ainsi la faculté des plantes d'extraire l'humidité du sol. Les sels exercent un effet chimique direct sur les plantes en perturbant leur processus nutritionnel et métabolique, ainsi qu'un effet indirect en modifiant la structure, la perméabilité et l'aération du sol (Brown *et al.*, 1983).

L'intensité des perturbations de croissance végétative causées par la salinité dépend de plusieurs facteurs, notamment la texture du sol, la répartition des sels dans le profil cultural et leur composition, l'espèce et la variété de la plante, les conditions météorologiques et la proximité de la zone de racines par rapport à la source d'eau.

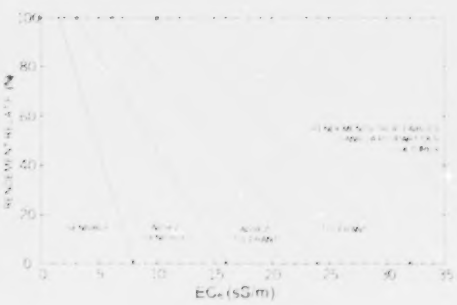
Les sels ne sont pas répartis de manière homogène dans le sol. Par conséquent, l'évaluation de la réaction d'une culture poussant dans un sol salin risque de donner des résultats extrêmement variables (McColl *et al.*, 1986; Eilers, 1998). En dépit de cette variabilité, des différences variétales et de certaines différences causées par le type de sels en présence, la réaction d'une culture donnée à la salinité est suffisamment prévisible pour qu'on puisse classer les cultures en fonction de leur tolérance. Les recherches se poursuivent pour raffiner le système de classification des cultures canadiennes, particulièrement en ce qui concerne la tolérance des variétés et l'effet de certains ions spécifiques (Steppuhn et Wall, 1999).

Le Comité d'experts sur la prospection pédologique formé en 1984 a classé les sols salins selon leur teneur en sels (modérée ou forte) à deux profondeurs (voir tableau 3.6). Toutefois, les effets observés sur la croissance des plantes permettent de conclure qu'une faible concentration en sels peut réduire les rendements de l'ordre de 10 à 20 % dans le blé et d'autres cultures sensibles (Steppuhn, 1996). Bien qu'il soit difficile de dissocier les effets de la *salinité invisible* du déficit hydrique du sol, on sait que le ralentissement de la croissance



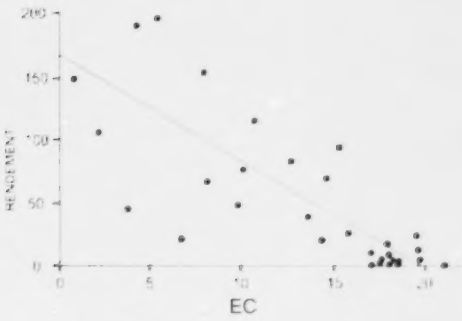
Source : Alberta Agriculture (1986)

Figure 3.5 Le processus de salinisation.



Source : Richards (1954)

Figure 3.6 Guide de choix de cultures en fonction de leur tolérance à la salinité.



Source : McColl *et al.* (1986)

Figure 3.7 Courbe de régression des rendements d'orge en fonction de la conductivité électrique.

végétale est causé par la combinaison de ces deux facteurs (Bresler *et al.*, 1992).

Les données sur la tolérance des cultures présentées à la figure 3.6 portent sur la réduction en pourcentage des rendements selon les niveaux de tolérance tels que déterminés par la teneur en sels. Ces données semblent refléter la réalité dans le cas des arbres et des arbustes, mais pas dans le cas de bon nombre d'espèces de plantes herbacées. Par ailleurs, bien que les arbres réagissent à la salinité essentiellement de la même manière que les cultures annuelles, ils peuvent s'avérer encore plus sensibles à cette condition (Woods *et al.*, 1993).

La productivité relative d'une culture fourragère irriguée (données obtenues la deuxième année d'un essai mené dans le sud de l'Alberta) dévoile que certaines espèces produisent des rendements plus élevés à mesure que le degré de salinité augmente (McKenzie *et al.*, 1994). Cette tendance est contradictoire dans la mesure où une teneur accrue en eau s'accompagne souvent d'une augmentation de la salinité. Le tableau 3.7 fournit les niveaux de tolérance à la salinité de plusieurs cultures de plein champ, fourragères et maraîchères. La figure 3.7 est une représentation graphique simplifiée de la réaction linéaire entre le rendement et le coefficient ECe (conductivité électrique d'un extrait saturé) exprimé en deci Siemens/mètre (dS/m) pour une variété d'orge. De manière générale, à mesure que la salinité augmente, le rendement diminue. Dans le cas d'autres cultures, l'effet de la salinité est souvent plus prononcé.

La variabilité des concentrations de sels dans le sol est attribuable à la nature dynamique des mouvements de sel en fonction des méthodes de gestion des terres, de la profondeur de la nappe phréatique, du prélèvement d'eau utilisable, des précipitations et du degré de salinité d'une nappe phréatique perchée (Rhoades et Corwin, 1984). Wilson (1964) a découvert des différences allant jusqu'à 6 dS/m dans la conductivité électrique d'échantillons de sol prélevés à 0,6 m d'intervalle dans le sud du Manitoba (à la même profondeur

Tableau 3.6 Classification de la salinité des sols (dS/m)

Profondeur (cm)	Nulle	Faible	Modérée	Forte	Très forte
0 – 60	<2	2 – 4	4 - 8	8 - 16	>16
60 – 120	<4	4 – 8	8 - 16	16 - 24	>24

Source : Eilers (1984)

et au même moment). De tels écarts dans la formation des remontées salines compliquent passablement l'interprétation des données à l'intérieur d'une même étude et d'une étude à l'autre.

D'autres effets de la salinité sont souvent rapportés mais rarement mis en corrélation avec les conséquences économiques. Or, l'enlisement des machines agricoles, la perte d'intrants (semences, engrais et produits phytosanitaires) et les pertes d'efficacité liées au morcellement des parcelles représentent des coûts. Les pertes de production et les décès d'animaux, ainsi que le coût du transport d'eau de qualité au bétail et pour les besoins domestiques sont soit non connus, soit non comptabilisés. Au Montana, on estime que la dégradation des sources de surface et des sources souterraines peu profondes est aussi grave que la perte de terre arable (Miller, 1980). Dans les Prairies canadiennes, les sources d'eau sont probablement tout aussi affectées par le processus naturel de salinisation.

Causes de la salinité

Eau du sol

L'eau est l'élément responsable du déplacement des sels. Toute quantité en excès de la capacité de rétention en eau peut contribuer au processus de salinisation. Les sels proviennent souvent de matériaux géologiques traversés par l'eau.

Tableau 3.7 Tolérance des cultures à la salinité

Degré de salinité toléré (conductivité électrique dS/m)	Cultures annuelles	Cultures fourragères	Cultures maraîchères
Salinité faible ou nulle (0-4)	Soja Haricots secs Féverole Pois Maïs	Trèfle rouge Alsike Fléole	Pois Haricots Oignons Céleri Radis Concombre Carottes Maïs (sucré)
Salinité modérée (4-8)	Canola Lin Moutarde Blé Seigle d'automne Avoine Orge à 2 rangs Carthame	Alpiste roseau Fétuque des prés Agropyre intermédiaire Agropyre à crête Brome Luzerne Trèfle d'odeur	Tomates Laitue Chou Pommes de terre Poivrons Épinard Asperge Betteraves rouges
Salinité élevée ou très élevée (8-16)	Permet de produire une récolte moyenne d'orge mais convient surtout aux cultures fourragères tolérantes	Élyme étroite Élyme de Russie Agropyre à chaumes rudes Agropyre élevé Élyme à épi inerme Zigadène élégant (Levonns) Alkali sacaton Puccinellie	

Source : Henry *et al.* (1987)

et au même moment). De tels écarts dans la formation des remontées salines compliquent passablement l'interprétation des données à l'intérieur d'une même étude et d'une étude à l'autre.

D'autres effets de la salinité sont souvent rapportés mais rarement mis en corrélation avec les conséquences économiques. Or, l'enlisement des machines agricoles, la perte d'intrants (semences, engrais et produits phytosanitaires) et les pertes d'efficacité liées au morcellement des parcelles représentent des coûts. Les pertes de production et les décès d'animaux, ainsi que le coût du transport d'eau de qualité au bétail et pour les besoins domestiques sont soit non connus, soit non comptabilisés. Au Montana, on estime que la dégradation des sources de surface et des sources souterraines peu profondes est aussi grave que la perte de terre arable (Miller, 1980). Dans les Prairies canadiennes, les sources d'eau sont probablement tout aussi affectées par le processus naturel de salinisation.

Causes de la salinité

Eau du sol

L'eau est l'élément responsable du déplacement des sels. Toute quantité en excès de la capacité de rétention en eau peut contribuer au processus de salinisation. Les sels proviennent souvent de matériaux géologiques traversés par l'eau.

Tableau 3.7 Tolérance des cultures à la salinité

Degré de salinité toléré (conductivité électrique dS/m)	Cultures annuelles	Cultures fourragères	Cultures maraîchères
Salinité faible ou nulle (0-4)	Soja Haricots secs Féverole Pois Maïs	Trèfle rouge Alsike Fléole	Pois Haricots Oignons Céleri Radis Concombre Carottes Maïs (sucré)
Salinité modérée (4-8)	Canola Lin Moutarde Blé Seigle d'automne Avoine Orge à 2 rangs Carthame	Agropyre intermédiaire Agropyre à crête Brome Luzerne Trèfle d'odeur	Tomates Laitue Chou Pommes de terre Poivrons Épinard Asperge Betteraves rouges
Salinité élevée ou très élevée (8-16)	Permet de produire une récolte moyenne d'orge mais convient surtout aux cultures fourragères tolérantes	Élyme étroit Élyme de Russie Agropyre à chaumes rudes Agropyre élevé Élyme à épi inerme Zigadène élégant (Levonna) Alkali sacaton Puccinellie	

Source : Henry *et al.* (1987)

Lorsque la nappe phréatique se rapproche de la surface du sol, l'évapotranspiration favorise la concentration des sels en surface ou en faible profondeur. Dans la zone semi-aride non irriguée des Prairies, la profondeur critique de la nappe phréatique est d'environ 2 m, tandis que dans les régions agricoles plus humides du centre et du nord de la Saskatchewan, cette nappe se situe à une profondeur d'environ 1,50 m (VanderPluym et Harron, 1992).

Steppuhn et Curtin (1992) ont cerné cinq conditions nécessaires à la formation de salinité dans la rhizosphère :

- l'évapotranspiration dépasse les précipitations accumulées, ce qui contribue à des déficits fréquents en humidité
- l'eau souterraine (provenant des pluies ou de l'irrigation) remonte à la surface du sol
- l'eau souterraine dissout les sels ou se mélange aux eaux souterraines salines
- le drainage interne (au-delà de la rhizosphère) est restreint pendant une partie de l'année
- une connexion hydraulique existe entre la couche superficielle et la couche chargée de sels.

Météorologie et climat
Les déficits hydriques, la sécheresse ainsi que les périodes de précipitations excessives peuvent créer des conditions propices aux remontées salines. La variabilité des conditions météorologiques d'une année à l'autre peut avoir une forte incidence sur les terres salines en facilitant la formation ou l'intensification des remontées de sels au cours des années humides et en freinant ou en arrêtant le processus de salinisation pendant les périodes sèches (Miller et Bahls, 1976).

Grâce à une étude menée à l'aide de photographies aériennes dans le sud de l'Alberta, il a été possible de suivre les changements à long terme (55 ans) de la salinité dans la réserve indienne des Bloods. En dépit des importantes fluctuations dans les données visuelles, il n'a pas été possible d'établir de corrélation entre l'intensification du travail du sol ou encore l'évolution du rapport culture-jachère, d'une part, et, d'autre part, les changements dans la salinité des terres arides. Ces changements semblent être influencés principalement par les tendances climatiques et météorologiques. Les résultats de cette étude indiquent que les zones salines ne prenaient pas d'expansion mais que les augmentations apparentes correspondaient simplement à la réapparition de sels dans des terres historiquement salines (Harker *et al.*, 1996).

Gestion des terres
Bon nombre de gens pensent que la gestion des terres est le plus grand facteur d'influence sur la formation et l'expansion récentes des remontées salines. Les choix de culture, les pratiques concernant la jachère, le traitement de la couverture de neige et le drainage contribuent tous dans une certaine mesure à modifier les apports d'eau dans le sol ainsi que le déplacement de l'eau au delà de la rhizosphère.

Le défrichage des terres des Prairies à des fins agricoles ainsi que la pratique de la jachère ont influencé la formation des remontées salines. En Alberta, Christie (1976) a découvert que les zones de remontées salines ont doublé en superficie dans des terres de pâturage (réserve indienne des Péganes) entre 1961 et 1970, tandis qu'elles ont triplé dans des terres cultivées. Par ailleurs, une étude sur la salinité menée dans le comté de Stark, au Dakota du Nord, a révélé que les superficies de remontées salines avaient été multipliées par 2,5, principalement dans des terres en pâturage, de 1950 à 1975. En comparaison, les superficies principalement en jachère avaient été multipliées par un coefficient variant de 7 à 14 (Miller *et al.*, 1974). Il demeure toutefois difficile de dissocier les effets agronomiques des effets climatiques.

L'adoption de méthodes qui réduisent l'accumulation de l'humidité du sol au delà des besoins des cultures peut contribuer à maîtriser la salinité. Dans certains cas, il a été possible d'assécher de petites zones de terres humides au milieu des Prairies après quelques années de culture de brome-luzerne aux abords immédiats de ces espaces (Van der Kamp *et al.*, 1998). Les brise-vent bien entretenus, les bandes de végétation composées, par exemple, d'agropyre élevée, le maintien de chaumes de hauteur variable ainsi que la rétention d'abondants résidus de récolte sont autant de moyens judicieux de faciliter la répartition de l'humidité dans les champs exploités en rotation continue. L'une des pratiques les plus efficaces consiste à semer des cultures à racines profondes, comme la luzerne, dans les zones d'alimentation en eau souterraine, où les eaux de percolation peuvent s'ajouter aux eaux souterraines. On peut également, en plus d'adopter cette pratique, choisir des cultures qui absorbent les eaux de pluie avant qu'elles ne s'infiltrent au delà de la couche d'enracinement.

Il est possible d'améliorer les conditions hydrologiques dans un laps de temps relativement court (de 2 à 5 ans), pourvu que la majorité de la surface d'alimentation soit cultivée de manière appropriée. Une telle pratique permet de réduire la quantité d'eau infiltrée et d'abaisser la nappe phréatique, de façon à réduire le potentiel de remontées de sels dans la rhizosphère lors du processus d'évapotranspiration (Black *et al.*, 1981).

Les sols salins peuvent avoir une origine lointaine ou provenir de remontées récentes déclenchées par la culture des terres depuis leur défrichement.

Une étude menée au Manitoba a consisté à comparer des relevés effectués en 1986 et en 1992 dans des parcelles ensemencées en plusieurs espèces d'herbe près du Pas, au Manitoba. Une forte diminution de la salinité a été observée dans les zones hautement salines; de plus, une parcelle de deux hectares fortement saline au départ ne présentait plus qu'une faible salinité à la fin de l'étude (Theile et LeSann, 1995). À un champ d'essai situé dans le sud de l'Alberta, après 15 ans de culture d'un mélange d'herbes résistantes à la salinité, on a observé un abaissement de la nappe phréatique de 0,3 m à 4,27 m de profondeur. Dans la couche allant de la surface à 6,25 cm de profondeur, la conductivité électrique apparente (EC) est passée de plus de 16 dS/m à 1,5 dS/m. À 30 cm de profondeur, l'EC s'est maintenue à 12,4 dS/m (Wood, 1997).

Évaluation de l'étendue géographique de la salinité

Les terres salines se repèrent d'abord à l'œil nu. La présence de croûtes de sel et de plantes tolérantes à la salinité sont des indices immanquables. Parmi les indices plus subtils figurent un léger fléchissement des rendements, le brunissement des chaumes, une croissance plus luxuriantes des cultures par rapport au reste du champ, une profusion de mauvaises herbes, de l'humidité persistante, particulièrement dans les champs en jachère, et la formation de mottes de terre lorsque le terrain est travaillé. Ces indices apparaissent souvent au point le plus creux des variations dans la topographie du terrain, dans les baissières et près des endroits où l'eau et la neige s'accumulent habituellement. Les zones où apparaissent des nouvelles remontées de sels peuvent également constituer un signe précurseur de conditions salines en développement.

Dans les évaluations à grande échelle, on utilise des capteurs électromagnétiques (EM), comme le EM_{38} et, moins souvent, le EM_{31} et le EM_{34}, pour mesurer et suivre la salinité sur de grandes étendues. Bien que de tels instruments permettent d'obtenir des résultats rapidement et à distance (Rhoades et Corwin, 1984), cette méthode n'est pas recommandée pour les champs présentant une hétérogénéité due à d'autres conditions que la salinité (Lesch *et al.*, 1992).

En synchronisant un capteur électromagnétique avec un système de positionnement global (GPS) et en se servant d'un système d'information géographique (SIG) pour traiter les données, il est possible d'évaluer rapidement et avec une bonne précision géographique le degré de salinité (Lachapelle *et al.*, 1993). L'avantage supplémentaire du GPS est qu'il permet d'enregistrer simultanément l'élévation, et facilite la superposition de données numériques, comme les cartes de sol, puisque les données GPS sont aussi en format numérique (Kwiatkowski *et al.*, 1995).

L'imagerie par satellite et les photographies aériennes sont régulièrement utilisées pour représenter les terres salines sur des cartes. Toutefois, la salinité peut s'avérer difficile à déceler à cause des grandes disparités qu'elle présente dans la réflectance spectrale. La représentation cartographique des terres salines peut parfois être entravée par une appréciation incomplète des facteurs indispensables à la réalisation uniforme de la détection, de la cartographie et de la surveillance de la salinité (Harker *et al.*, 1988). Même si d'abondantes données, provenant de nombreux endroits, démontrent l'essor de la salinité, il est tentant d'extrapoler à partir

des conditions observées, au risque de formuler des estimations à grande échelle qui pourraient s'avérer trompeuses.

Des équipes responsables du Relevé des sols ont appliqué une méthode normalisée afin de tracer des cartes de salinité pour chacune des provinces des Prairies. Ce travail a consisté à rassembler les cartes de salinité existantes, à les évaluer et à les vérifier. La tâche a été facilitée par l'interprétation de photographies aériennes et la prise en compte des caractéristiques géographiques et topographiques ainsi que de plusieurs indicateurs pédologiques et botaniques. La vérification sur le terrain a été réalisée à l'aide d'indices basés sur les diagnostics et de techniques d'induction électromagnétique. Les sols étaient considérés avoir une forte salinité de surface s'ils comportaient une ECe de 8 dS/m ou plus dans la couche de 0 à 60 cm. Les zones salines étaient réparties en six catégories, selon la part de pourcentage d'un polygone de sol touché par la salinité. Si la présence de salinité était décelée en profondeur (60-120 cm), la zone visée étaient classée dans l'une des trois catégories applicables.

Les cartes à petite échelle réalisées par les équipes de Relevé des sols étaient tracées à partir de données obtenues dans le cadre de relevés plus détaillés. Selon Eilers *et al.* (1997), la superficie totale de terres modérément ou fortement salines (entraînant une réduction de productivité de 50 % dans la région des Prairies) s'élève à 1,4 million d'hectares. La figure 3.8 montre la répartition des terres selon les cinq niveaux de salinité à travers les Prairies. L'étendue de terres classées salines primaires et secondaires contribuant à une réduction de la productivité de 25 % (VanderPluym et Harron, 1992) se répartissait, par province, comme suit :

- Alberta - 0,65 million d'hectares
- Saskatchewan - 1,34 million d'hectares
- Manitoba - 0,25 million d'hectares

À partir des échantillons de terre confiés par les agriculteurs au laboratoire d'analyse de sol de la Saskatchewan (de 1992 à 1994), il a été possible d'estimer que 10 millions d'hectares supplémentaires étaient légèrement salinisés dans l'Ouest canadien, leur ECe se situant entre 1 et 4 dS/m (Steppuhn, 1996). Les estimations concernant l'étendue et la gravité de la salinité semblent manquer d'uniformité au chapitre de la terminologie, de normalisation et de précision cartographique, ce qui ne permet de déterminer l'état des terres que de manière grossière. La variabilité de la teneur en sels dans un sol peut être telle qu'il soit impossible de faire une distinction entre la catégorie très salin et la catégorie modérément salin.

Méthodes de lutte contre la salinité :

- **empêcher ou retarder l'accumulation d'eau et de sels près de la surface du sol**
- **abaisser la nappe phréatique afin de réduire les taux de salinité**
- **écarter les sels de la couche racinaire**
- **limiter la quantité d'eau qui entre dans les zones d'alimentation**
- **cultiver des plantes tolérantes à la salinité**

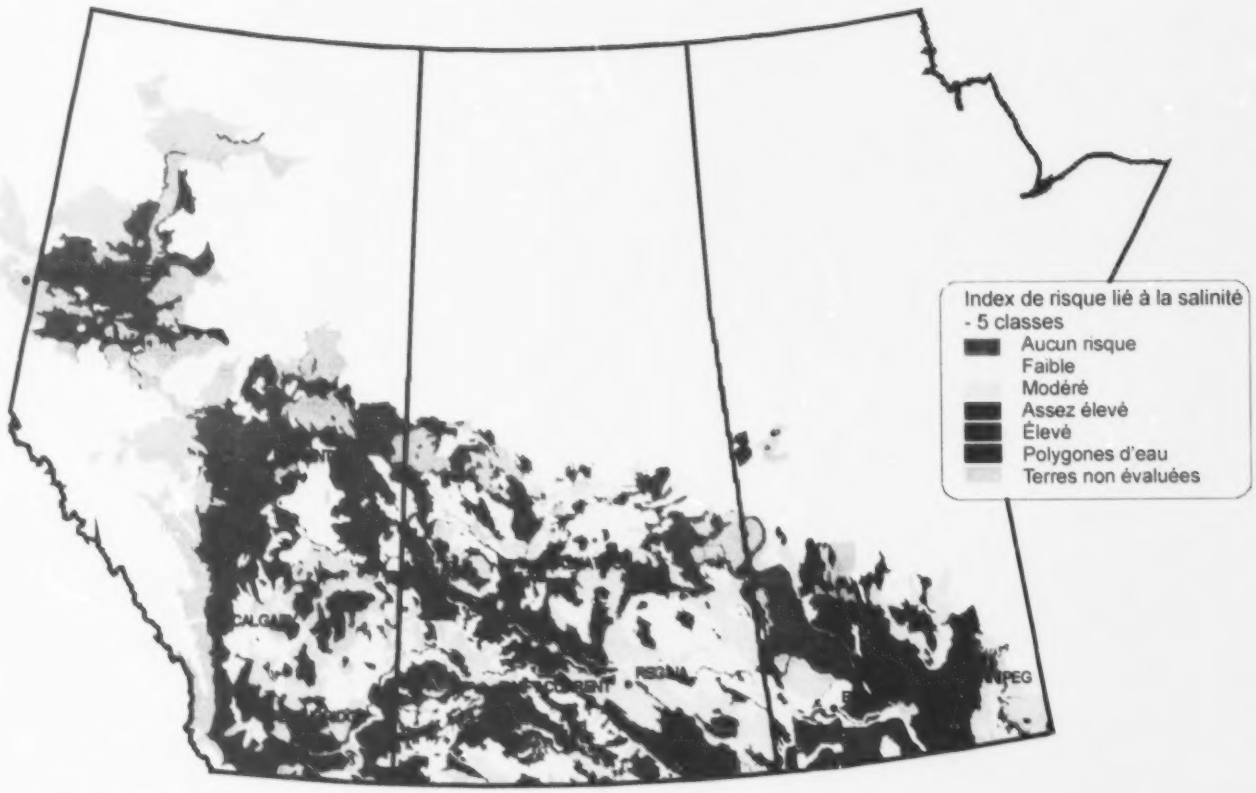
(Steppuhn et Cerkie, 1992)

Conséquences pour la lutte contre la salinité

La grande disparité des estimations concernant l'étendue et la gravité de la salinité ne facilite pas l'évaluation des pertes économiques. On sait toutefois que certaines des terres les plus productives des Prairies sont devenues salines après avoir été défrichées, ce qui représente une importante perte au chapitre du potentiel de production.

Plusieurs zones de salinité se sont formées sous l'effet des pratiques agricoles et certaines d'entre elles s'élargissent à un rythme pouvant être considéré inquiétant. Cependant, attribuer les pertes économiques à toutes les terres salines équivaudrait à attribuer des pertes à toutes les terres sableuses sous prétexte qu'elles ne sont pas aussi fertiles que les sols à texture plus lourde.

Si une culture non tolérante est établie dans un sol reconnu comme étant salin depuis longtemps, devrait-on attribuer la perte de rendement à la salinité ou au manque de jugement dans la gestion des cultures? Par ailleurs, lorsqu'un agriculteur sème de l'agropyre élevé dans des terres salines et obtient un meilleur revenu dans ces terres que dans les terres normales, devrait-on attribuer une perte ou plutôt un gain à la salinité?



Source : Eilers *et al.* (1997)

Figure 3.8 Index de risque lié à la salinité.

Les évaluations économiques devraient donc être limitées à des cultures adaptées aux remontées salines et à leurs zones d'alimentation respectives.

Les méthodes de cultures destinées à contrer la salinité ne relèvent pas de la science pure, loin de là. Il est possible d'empêcher l'accumulation d'eau à proximité de la surface du sol en facilitant l'égouttement des dépressions de terrain. La suppression des grandes herbes et des saules peut réduire l'accumulation de neige; par contre, l'arrachage des cordons de saules entourant les marécages risque en fait d'accélérer le processus de salinisation dans le pourtour de ces marécages en réduisant l'accumulation de neige et en stimulant l'évapotranspiration. La rotation continue et le choix de cultures aux besoins hydriques élevés peuvent faciliter l'absorption de l'eau avant qu'elle ne s'infiltre dans le sous-sol. Lorsque l'humidité est un facteur limitant, il est recommandé de pratiquer l'assolement libre, qui consiste à seulement semer une culture les années où le sous-sol renferme suffisamment d'humidité.

La meilleure manière de contrer directement la salinité dans les remontées consiste à abaisser la nappe phréatique à une profondeur suffisante pour empêcher la présence d'eau capillaire dans la rhizosphère. Le maintien de cultures pérennes à enracinement profond facilite le lessivage des sels. Le taux d'amélioration peut être assez rapide si les remontées se sont formées récemment et que la quantité de sels à lessiver est restreinte. D'autre part, le lessivage peut prendre plusieurs décennies dans les zones où l'accumulation de sels a débuté il y a de nombreuses années. L'accumulation de neige au moyen de barrières et la pratique de la jachère chimique au lieu de la jachère conventionnelle peuvent favoriser la rétention du surplus d'eau requis pour favoriser le lessivage.

La gestion de l'eau dans les zones d'alimentation fait partie intégrante de la lutte contre la salinité. L'eau qui pénètre dans les zones d'alimentation peut contribuer à relever l'ensemble de la nappe phréatique et ainsi accroître le taux de salinité dans ces zones. Il peut s'avérer nécessaire de déterminer l'emplacement de la zone d'alimentation et d'y semer des cultures vivaces à enracinement profond pour améliorer la situation. La lutte contre la salinité nécessite de gérer les terres salines, qu'il s'agisse de salinité historique ou de remontées salines, en fonction de leur teneur en sels et en humidité. Le plus souvent, la solution consiste à exploiter ces terres en y semant des cultures fourragères plutôt que des cultures annuelles.

Conclusion

Si la salinité présente un problème indéniable dans les Prairies canadiennes, un certain nombre de solutions permettent néanmoins d'en atténuer les effets. Il faut d'abord considérer l'origine et l'état courant de la salinité d'un champ avant de déterminer les méthodes de conservation à appliquer et de décider si le champ vaut la peine d'être cultivé, auquel cas il faudra choisir quelle culture implanter et à quel endroit. Il est également nécessairement de bien connaître les méthodes de gestion des eaux de surface et des eaux souterraines. L'efficacité de la lutte contre la salinité dépend de la bonne gestion des terres en fonction de leur concentration saline et de leur teneur en eau.

L'efficacité de la lutte contre la salinité dépend de la bonne gestion des terres en fonction de leur concentration saline et de leur teneur en eau.

La matière organique du sol dans les Prairies canadiennes

La matière organique est un constituant essentiel du sol. Cette matière est composée d'un mélange variable d'éléments chimiques allant des débris végétaux relativement peu décomposés aux fractions inertes hautement décomposées, le processus de décomposition étant influencé par les pratiques culturales.

Ces matières décomposées de nature hautement diversifiée renferment la fraction *dynamique* ou *active* de la matière organique du sol (MOS). Cette fraction comprend la microflore ainsi que la microfaune et la mésofaune du sol (ces trois éléments constituent la biomasse microbienne du sol), ainsi que les produits issus de la décomposition, entre autres des substances humiques et des composants organiques. La MOS est composée des éléments suivants : le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N), le soufre (S) et le phosphore (P). L'élément le plus abondant est le carbone, qui représente près de 58 % de la masse totale de matière organique du sol. L'évolution du carbone organique du sol (COS) est proportionnelle à celle de la MOS. Il est donc possible d'utiliser le COS comme substitut pour décrire la matière organique du sol.

La conversion des terres naturelles des Prairies à l'agriculture a entraîné des changements dans la matière organique du sol. L'implantation de cultures annuelles a provoqué la perte de près de 25 % de la masse originale de MOS. Des changements sont également survenus dans les constituants de la MOS, la composition chimique des substances hydrocarbonées, les acides humique et fulvique, les acides gras et la source des substances hydrocarbonées. Ces changements sont étroitement liés à la composition des espèces cultivées et à la fréquence des jachères nues dans la rotation (McGill *et al.*, 1988). On s'est aperçu que les changements dans la nature chimique de la MOS affectent directement le pouvoir d'échange de cations, la formation d'agrégats et la stabilité structurale du sol ainsi que la persistance de la matière organique dans le sol. La qualité de la MOS d'un sol donné est aussi importante sinon plus, pour la qualité globale du sol, que la quantité totale de MOS présente (Dinel *et al.*, 1998).

Lorsque le taux de MOS augmente, le sol agit comme une réserve de carbone atmosphérique provenant du dioxyde de carbone (CO_2). Cette faculté d'emmagasiner le carbone contribue à combattre l'émission de ce type de gaz à effet de serre. La MOS agit également comme un filtre environnemental. En effet, elle retient et transfert les métaux lourds et les pesticides et aide souvent à réduire l'occurrence d'agents pathogènes des plantes (Monreal et Kodama, 1997; Monreal, 1999).

Comme 83 % des terres agricoles canadiennes se trouvent dans les Prairies, la MOS des terres de cette région représente une part dominante de la quantité totale de MOS recensée au pays (Smith *et al.*, 1997). Avec une aussi grande proportion de MOS, les Prairies pourraient jouer un rôle important en ce qui regarde de freiner les émissions de gaz à effet de serre en emmagasinant le carbone.

Fraction dynamique (ou active) de la MOS

La fraction dynamique de la MOS contient des composants labiles, notamment le carbone, et l'azote compris dans la biomasse faunique ou microbienne, dont la plupart proviennent des résidus végétaux. La durée du cycle de remplacement de cette fraction varie de quelques années à plusieurs décennies, la durée de vie typique étant de 10 ans environ. Parmi les termes communément utilisés pour décrire les éléments de cette fraction figurent la fraction légère de la matière organique (FLMO), la fraction légère du carbone organique (FLCO), la matière organique particulaire, la matière macro-organique (MMO), le carbone et l'azote minéralisables (C_{min}, N_{min}), la matière organique grossière et la matière organique sous forme de macroagrégats (Janzen *et al.*, 1997). Gregorich et Janzen (1996) ont décrit la MOS dynamique comme suit : la MOS joue un rôle important dans la détermination de la structure et de la fonction de l'écosystème du sol en procurant une source d'énergie pour les organismes hétérotrophiques et en formant un réservoir pour les éléments nutritifs des plantes et le carbone relativement labiles.

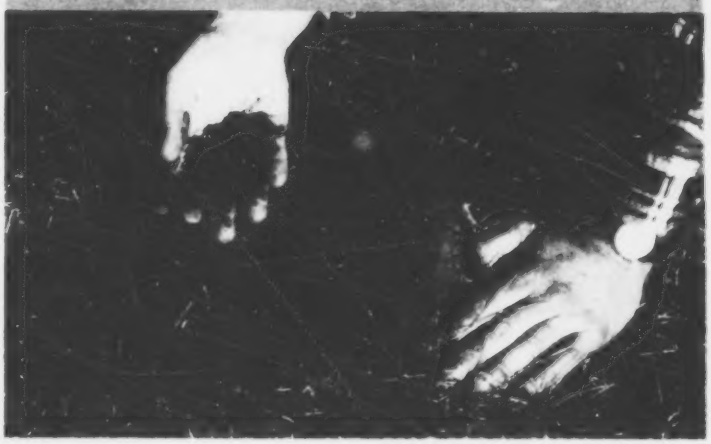
L'ampleur de la masse dynamique de MOS dépend du taux relatif d'apport de débris végétaux et du taux de décomposition de la MOS en question. Le premier processus (apport) dépend du rendement des cultures, et de la quantité de débris et de résidus de récolte restitués au sol. Tout aussi important, le deuxième volet de la gestion de la MOS dépend du taux de décomposition du carbone organique du sol en CO_2. Les pratiques qui ralentissent le taux de décomposition offrent la possibilité de prolonger la durée du cycle de remplacement de la MOS dynamique, ce qui favorise l'accumulation de MOS (Janzen *et al.*, 1997).

Influence de la MOS sur les propriétés du sol

La matière organique du sol possède un très grand pouvoir d'échange de cations. Ce pouvoir élevé permet à la MOS de retenir des éléments nutritifs cationiques, (p. ex., Ca^{++}, K^{+}, Na^{+} et Mg^{++}) dans la zone des racines et de freiner les pertes d'éléments nutritifs causées par le lessivage. Cette réactivité exerce également un effet tampon qui aide à contrer les variations de pH provoquées par l'apport d'engrais et les retombées atmosphériques de composés acides (Curtin *et al.*, 1996; Curtin et Rostad, 1997). En outre, la MOS contribue parfois aussi à atténuer les effets dans le sol des métaux lourds comme le plomb et le cuivre (Liang *et al.*, 1991; Sheppard et Thibault, 1992). La matière organique du sol est une importante source d'éléments nutritifs. Les sols ayant constitué des réserves considérables de MOS, comme les sols noirs, peuvent libérer des quantités supérieures d'azote utilisable par les cultures, tel que le confirme la quantité mesurée d'azote potentiellement minéralisable. La matière organique du sol contribue également à accroître la capacité de rétention en eau. L'augmentation du taux de matière organique dans le sol au moyen de la culture sans labour et du semis direct à faible perturbation, ainsi que l'intégration de rotations longues et l'apport d'engrais en quantité suffisante, peuvent contribuer à améliorer les conditions d'humidité dans les terres arides.

La matière organique et les agrégats du sol sont intimement liés l'un à l'autre. Ce rapport est important puisque les agrégats influencent de nombreux processus pédologiques, notamment les échanges d'eau et d'air et la percolation de l'eau dans le sol ainsi que l'érosivité et l'état d'ameublissement de la terre.

L'amélioration du taux d'accumulation de la matière organique observée dans les champs ensemencés en fourrages est attribuable à la rareté du travail du sol et à la présence d'une masse importante de racines.



D'une part, il est largement reconnu que la matière organique exerce un rôle stabilisateur sur les agrégats, sous l'effet de processus faisant intervenir certains composants biochimiques et chimiques de la MOS (Monreal, 1999). Fuller *et al.*, (1995) et Boehm et Anderson (1997) ont découvert que les agents liants sont principalement les racines persistantes, les champignons, les composés hydrocarbonés de type hexose et les mucilages. D'autre part, on pense également que les agrégats du sol contribuent à empêcher la matière organique de se détériorer (Campbell *et al.*, 1996; Franzleubers et Arshad, 1997).

Les façons culturales peuvent influencer à la fois la stabilité des agrégats et la teneur en MOS. À titre d'exemple, comparativement au travail du sol conventionnel, la culture sans labour améliore le stockage de carbone organique du sol dans les agrégats entre 1 et 5,6 mm de diamètre dans le sol superficiel par rapport à la quantité de COS emmagasiné dans les agrégats plus fins (Campbell *et al.*, 1996). La culture sans labour peut aussi contribuer à augmenter la quantité totale de COS dans la couche de 0 à 5 cm de profondeur, comparativement à un sol travaillé de manière conventionnelle.

Évolution de la MOS

Les concentrations de matière organique du sol à des profondeurs spécifiques peuvent varier pour quatre raisons principales :

1. la dilution de la MOS causée par le travail du sol, qui mélange la terre des horizons superficiels à celles des horizons plus profonds (l'horizon de surface peut être particulièrement mince ou avoir été raboté par l'érosion)

2. l'incorporation par le travail du sol de sédiments pauvres en MO (déposés par les processus d'érosion) dans l'horizon Ap (couche arable)
3. les changements dans le rapport entre les apports et les retraits de matières végétales ainsi que l'apport de fumier et de compost
4. l'enlèvement sélectif de la fraction organique sous l'effet de l'érosion éolienne et hydrique.

Contrairement aux changements dans la concentration de la MOS, la masse totale de MOS dans un profil cultural est modifiée uniquement par les mécanismes mentionnés aux points 3 et 4 ci-dessus. Les sols peu profonds sont parfois travaillés à une profondeur dépassant l'horizon Ah d'origine. Le travail du sol mélange le sol provenant de la surface (horizon A), qui comporte une teneur élevée en COS, avec le sol de l'horizon B, plus pauvre en COS. Comparativement à l'horizon Ah d'origine, l'horizon Ap mélangé est plus épais mais présente une moindre teneur en COS. Toutefois, la masse de COS demeure inchangée. La figure 3.9 fournit une comparaison entre le profil d'un sol non cultivé et celui d'un sol en culture.

L'érosion peut redistribuer le COS à l'intérieur d'un champ ou le transporter ailleurs, et le déposer dans les fossés ou les cours d'eau, ou encore dans des terres situées à plusieurs kilomètres de distance. Bien que la redistribution due à l'érosion contribue à modifier la concentration en COS dans un échantillon donné, les changements qui s'opèrent dans la masse totale de COS à l'échelle des terres d'une région sont habituellement faibles.

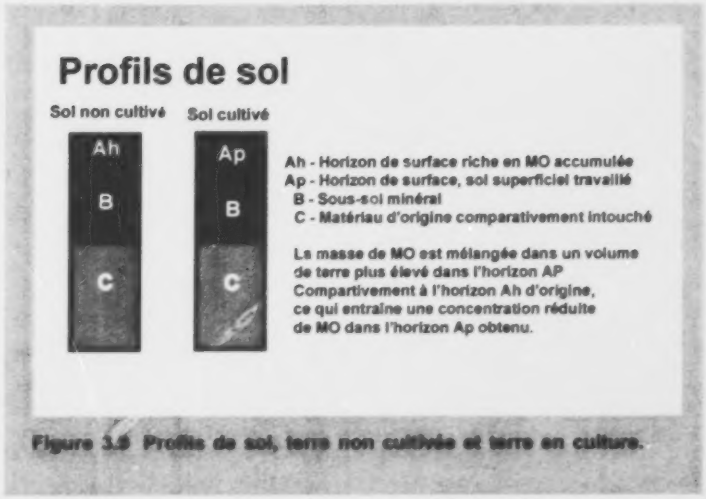


Figure 3.9 Profils de sol, terre non cultivée et terre en culture.

Mesures : concentration et masse

Les mesures sur le COS sont effectuées à partir d'échantillons de quelques grammes. Ces échantillons représentent des masses et des volumes de sol importants et extrêmement variables. Par conséquent, il est difficile de représenter le COS à l'échelle d'une région géographique (Ellert *et al.*, 1999). Les variations dans la masse du COS résultant de la gestion des terres doivent être dissociées des variations dues à la position du terrain; cette distinction est rendue possible par le prélèvement d'échantillons aux mêmes emplacements sur une longue période.

Les études publiées sur les changements proportionnels dans le COS peuvent comporter des ambiguïtés, causées par au moins trois facteurs. La première source d'ambiguïté dans la teneur en COS est attribuable aux mesures, qui ne sont pas rapportées sous une seule forme, mais plutôt en fonction de la masse (kg/ha) ou de la concentration (g/kg). Ces deux méthodes de calcul du COS peuvent donner des résultats hautement divergents. À titre d'exemple, les changements dans la masse peuvent être deux fois moins importants que les changements sur le plan de la concentration.

La concentration du COS est un paramètre essentiel des propriétés physiques, de la réactivité chimique et de la fertilité du sol. Pour sa part, la masse de COS se rapporte aux estimations concernant les bilans de masse de COS, les bilans de carbone, les émissions de gaz à effet de serre et les modèles de niveau de terrain. Bien que les deux mesures soient mutuellement convertibles grâce à la densité apparente du sol, elles ne se substituent pas. En outre, l'une n'est pas supérieure à l'autre; elles répondent simplement à des besoins différents. Par exemple, lorsqu'il s'agit de répondre à une question sur la fertilité du sol, on peut faire appel à la mesure de la concentration à une profondeur précise, tandis que pour une question sur les bilans de carbone, on aura recours à la mesure de la masse.

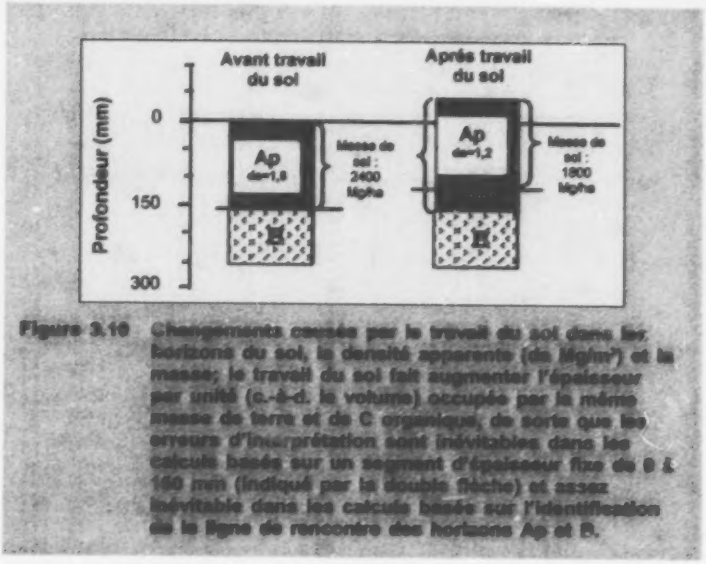


Figure 3.10 Changements causés par le travail du sol dans les horizons du sol, la densité apparente (dr Mg/m³) et la masse; le travail du sol fait augmenter l'épaisseur par unité (c.-à-d. le volume) occupée par la même masse de terre et de C organique, de sorte que les erreurs d'interprétation sont inévitables dans les calculs basés sur un segment d'épaisseur fixe de 0 à 150 mm (indiqué par la double flèche) et assez inévitable dans les calculs basés sur l'identification de la ligne de rencontre des horizons Ap et B.

La deuxième source d'ambiguïté en ce qui a trait à établir des rapports sur les variations du COS est liée au manque d'équivalents dans les masses de sol. La quantité de matière organique emmagasinée dans les terres dépend de l'épaisseur du sol et de sa densité apparente. Ellert et Bettany (1995) ont fait remarquer que de nombreux chercheurs quantifient les réserves de MOS à partir de la concentration de la matière organique, de la densité apparente et de l'épaisseur du sol. Cette méthode de calcul ne tient pas compte des différences dans la masse de sol lors de la comparaison de sites d'échantillonnage présentant la même épaisseur de terre ou des horizons équivalents. En raison de la variabilité entre sites et des changements influencés par le travail du sol, la masse d'un segment de terre provenant d'un traitement dépasse souvent celle d'un autre segment de même épaisseur (figure 3.10), d'où le risque d'interprétation erronée des données.

La masse de sol équivalente convient particulièrement bien pour établir des comparaisons à l'intérieur de petites parcelles homogènes, voisines et non touchées auparavant par l'érosion. À grande échelle, il est moins ambigu de recourir à la modélisation du COS et aux statistiques géographiques, en conjonction avec des protocoles d'échantil-lonnage de sol tenant compte de chaque horizon génétique, jusqu'à l'horizon C (Monreal, 1999).

La troisième source d'ambiguïté est attribuable à la méthode utilisée pour présenter les données sur les changements touchant le COS. On commet souvent l'erreur de ne pas faire de distinction entre les gains réels et les pertes évitées de COS. Le processus de stockage du carbone est influencé par l'état du sol au moment de l'adoption d'une méthode de gestion des terres. La figure 3.11 illustre comment la masse de COS présente au moment de l'adoption d'une pratique de gestion des terres influence le cours des changements survenus dans le COS. L'adoption au même moment d'une pratique de gestion des terres identique dans deux sols différents a permis un gain en carbone dans le sol A mais a seulement freiné la perte de carbone dans le sol B. Lorsque des changements susceptibles d'augmenter la masse de SOC ou de freiner le taux de perte de cet élément sont adoptés dans la façon de traiter les terres, le taux de gain de carbone (Mg/ha/année) s'accélère dans un premier temps, pour ensuite fléchir. Il peut donc être imprudent d'extrapoler à partir de quelques mesures prises sur le terrain dans des délais courts pour établir des taux de changement du COS.

Les chercheurs se sont déjà servi de modèles de simulation pour prévoir l'évolution du COS dans les Prairies. Les projections établies à l'aide de modèles sur l'évolution du COS dans les sols des Prairies donnent des résultats variant du fléchissement au léger gain. Plusieurs modèles permettent de simuler avec relativement de vraisemblance les données pouvant être obtenues à longue échéance dans des champs d'essai. Toutefois, lorsque deux de ces modèles, SOCRATES et CENTURY, ont été appliqués à l'échelle régionale ou provinciale, le premier faisait état d'un gain de COS dans une zone restreinte de l'Alberta (Izaurralde *et al.*, 1996), tandis que le deuxième prédisait des pertes dans l'ensemble de cette province (Smith *et al.*, 1997). Ces résultats confirment que les projections obtenues à l'aide de modèles sur quelque système naturel que ce soit doivent être interprétées avec précaution. Au delà des craintes évidentes au sujet de la capacité d'un modèle de simuler les conditions réelles, il faut veiller à la disponibilité des données, à leur pertinence, aux problèmes d'échelle ainsi qu'à la variabilité des paramètres chronologiques et géographiques d'entrée.

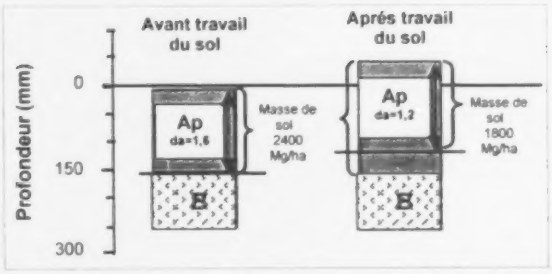


Figure 3.10 Changements causés par le travail du sol dans les horizons du sol, la densité apparente (da Mg/m³) et la masse; le travail du sol fait augmenter l'épaisseur par unité (c.-à-d. le volume) occupée par la même masse de terre et de C organique, de sorte que les erreurs d'interprétation sont inévitables dans les calculs basés sur un segment d'épaisseur fixe de 0 à 150 mm (indiqué par la double flèche) et assez inévitable dans les calculs basés sur l'identification de la ligne de rencontre des horizons Ap et B.

La deuxieme source d'ambiguite en ce qui a trait a etablir des rapports sur les variations du COS est liee au manque d'equivalents dans les masses de sol. La quantite de matiere organique emmagasinee dans les terres depend de l'epaisseur du sol et de sa densite apparente. Ellert et Bettany (1995) ont fait remarquer que de nombreux chercheurs quantifient les reserves de MOS a partir de la concentration de la matiere organique, de la densite apparente et de l'epaisseur du sol. Cette methode de calcul ne tient pas compte des differences dans la masse de sol lors de la comparaison de sites d'echantillonnage presentant la meme epaisseur de terre ou des horizons equivalents. En raison de la variabilite entre sites et des changements influences par le travail du sol, la masse d'un segment de terre provenant d'un traitement depasse souvent celle d'un autre segment de meme epaisseur (figure 3.10), d'ou le risque d'interpretation erronee des donnees.

La masse de sol equivalente convient particulierement bien pour etablir des comparaisons a l'interieur de petites parcelles homogenes, voisines et non touchees auparavant par l'erosion. A grande echelle, il est moins ambigu de recourir a la modelisation du COS et aux statistiques geographiques, en conjonction avec des protocoles d'echantil lonnage de sol tenant compte de chaque horizon genetique, jusqu'a l'horizon C (Monreal, 1999).

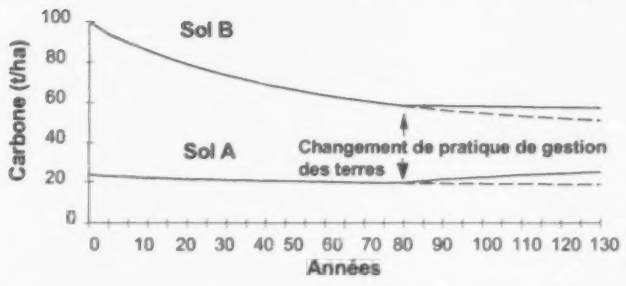
La troisieme source d'ambiguite est attribuable a la methode utilisee pour presenter les donnees sur les changements touchant le COS. On commet souvent l'erreur de ne pas faire de distinction entre les gains reels et les pertes evitees de COS. Le processus de stockage du carbone est influence par l'etat du sol au moment de l'adoption d'une methode de gestion des terres. La figure 3.11 illustre comment la masse de COS presente au moment de l'adoption d'une pratique de gestion des terres influence le cours des changements survenus dans le COS. L'adoption au meme moment d'une pratique de gestion des terres identique dans deux sols differents a permis un gain en carbone dans le sol A mais a seulement freine la perte de carbone dans le sol B. Lorsque des changements susceptibles d'augmenter la masse de SOC ou de freiner le taux de perte de cet element sont adoptes dans la façon de traiter les terres, le taux de gain de carbone (Mg ha⁻¹ annee⁻¹) s'accelere dans un premier temps, pour ensuite flechir. Il peut donc etre imprudent d'extrapoler a partir de quelques mesures prises sur le terrain dans des delais courts pour etablir des taux de changement du COS.

Les chercheurs se sont deja servi de modeles de simulation pour prevoir l'evolution du COS dans les Prairies. Les projections etablies a l'aide de modeles sur l'evolution du COS dans les sols des Prairies donnent des resultats variant du flechissement au leger gain. Plusieurs modeles permettent de simuler avec relativement de vraisemblance les donnees pouvant etre obtenues a longue echeance dans des champs d'essai. Toutefois, lorsque deux de ces modeles, SOCRATES et CENTURY, ont ete appliques a l'echelle regionale ou provinciale, le premier faisait etat d'un gain de COS dans une zone restreinte de l'Alberta (Izaurralde *et al.*, 1998), tandis que le deuxieme predisait des pertes dans l'ensemble de cette province (Smith *et al.*, 1997). Ces resultats confirment que les projections obtenues a l'aide de modeles sur quelque systeme naturel que ce soit doivent etre interpretees avec precaution. Au dela des reserves evidentes au sujet de la capacite d'un modele de simuler les conditions reelles, il faut veiller a la disponibilite des donnees, a leur pertinence aux problemes d'echelle ainsi qu'a la variabilite des parametres chronologiques et geographiques d'entree.

Répartition de la SOM dans le champ et à l'échelle régionale

Habituellement, les déficits en humidité du sol augmentent lorsque l'on passe des sols noirs et des sols gris aux sols bruns, alors que l'inverse se produit dans le cas de la MOS, à savoir qu'elle diminue. On soupçonne qu'entre la moitié et les deux tiers de la MOS totale est présente dans l'horizon de surface (Ap) des chernozems cultivés. Les données fournies au tableau 3.8 portent sur les variations du COS dans les horizons Ap des grands groupes de sol de l'ordre chernozémique de l'Alberta.

L'une des grandes difficultés liées au suivi des changements de teneur en MOS dans le champ réside dans l'ambiguïté inhérente à la description de ces changements sur les unités de paysage ou de toposéquence (Smith *et al.*, 1997). Le prélèvement d'échantillons de sol pour déterminer les différences de MOS dans le champ peut s'avérer plus utile que la simple tentative de déterminer la concentration moyenne du champ. La variabilité spatiale de la MOS à l'intérieur du champ peut constituer un problème épineux, même avec le meilleur plan d'échantillonnage possible. La deuxième difficulté réside dans la nécessité de faire une distinction entre le retrait absolu de MOS (pertes par oxydation) et sa redistribution dans les environs sous l'effet de l'érosion (Ellert *et al.*, 1999). L'une des solutions à ces obstacles consiste à intégrer une analyse du relief du terrain dans les études portant sur la concentration et la composition de la MOS à l'intérieur du champ (van Kessel *et al.*, 1994).



Source : McGill *et al.* (en préparation).
Note : En 1980, le taux d'accumulation du carbone s'est accru. Les lignes pointillées qui apparaissent après 1980 représentent la tendance qu'aurait suivie le COS en l'absence de changement dans les pratiques de gestion des terres.

Figure 3.11 Teneur en COS de deux sols présentant des taux très différents au départ et soumis à des régimes de culture permettant l'apport de quantités identiques de carbone.

Les concentrations de matière organique du sol sont généralement plus faibles sur les pentes et près du sommet des collines que dans les dépressions de terrain. Même cette variabilité peut être réduite en luttant contre l'érosion et en limitant ainsi la redistribution de la MOS (Boehm et Anderson, 1997). Des généralisations établies à partir de données obtenues dans des caténas (déclivités de terrain du haut vers le bas), en Sask-

Tableau 3.8 Données sur le SOC dans l'horizon Ap des sols chernozémiques de l'Alberta, par grand groupe

Grand groupe	Concentration (g/kg)	Densité apparente (Mg/m³)	Masse (Mg/ha)	Proportion du COS total présente dans l'horizon Ap (%)
Brun	14	1,40	27,24	60
Brun foncé	27	1,20	45,36	56
Noir	42	1,10	84,55	65
Gris foncé	33	1,20	63,36	64

Source : Reinl (1984)

Tableau 3.9 Concentrations de carbone dans des sols situés le long d'une caténa, à Waldheim (Sask.)

Position	Profond. (cm)	Total C (g/kg)	Âge ^{14}C (années antérieures au présent)
Sommet	0 - 10	24,0	575 ± 80
Mi-pente	0 - 15	21,0	270 ± 45
Bas de pente	0 - 15	27,0	216 ± 45
	15 - 22	6,2	635 ± 55
	22 - 52	4,2	930 ± 55
Dépression	0 - 18	24,0	Moderne
	22 - 35	5,2	700 ± 55
	60 - 70	4,5	4 870 ± 80

Source : Mortel et Paul (1974)

atchewan, ont permis de prévoir que la teneur en carbone organique (ainsi qu'en P, N et S) augmente du haut vers le bas de la pente selon le contour de redistribution de l'humidité dans le terrain (Roberts *et al.*, 1989; Verity et Anderson, 1990). Les concentrations en carbone typiques déterminées en différents points de la pente sont présentées au tableau 3.9.

Les rendements de blé suivent souvent la même tendance, à savoir faibles au sommet des collines et plus élevés dans les bas de pente au sol enrichi (Verity et Anderson, 1990). À l'intérieur d'une caténa, la teneur en COS du milieu de pente est la plus représentative de la teneur habituelle du type de sol considéré. La texture constitue un autre indicateur de la teneur en COS à l'échelon régional. En effet, les sols à texture fine retiennent plus de carbone organique que les sols à texture moyenne ou grossière. Toutefois, la quantité totale et la répartition de la MOS sont déterminées par des facteurs liés au terrain et à la gestion des terres (Pennock et van Kessel, 1997).

La MOS et l'érosion

La détérioration du sol causée par l'érosion, et la perte de productivité qui en résulte, contribuent à faire fléchir les rendements et à diminuer les restitutions de matière organique dans le sol. En outre, l'érosion redistribue de manière sélective le sol de surface vers les dépressions de terrain, où la plus grosse part de carbone du sol est emmagasinée. Par conséquent, les zones sensibles non seulement perdent de la MOS dans le processus, mais reçoivent aussi une quantité moindre des résidus de récolte requis pour reconstituer les réserves de MOS.

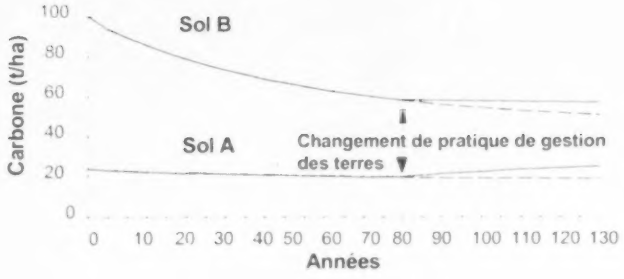
La conversion des prairies naturelles à l'agriculture entraine à brève échéance la réduction de la MOS, sous l'influence du processus de minéralisation et de l'adaptation éventuelle de la terre au nouvel équilibre de la MOS. Le maintien de ce nouvel équilibre et le ralentissement de toute perte additionnelle de MOS dépend des mesures de lutte contre l'érosion. Il a en effet été prouvé que l'érosion était le principal facteur de perte de MOS dans des terres en culture depuis plus de 23 ans (Gregorich *et al.*, 1998). Des données rapportées par Gregorich et Anderson (1985) révèlent que l'érosion était à l'origine de 20 % des pertes de carbone survenues après 23 ans de culture, comparativement à entre 40 et 55 % après 54 ans de culture. Une autre étude des pertes estimatives de carbone causées par l'érosion dans des sols à texture grossière a été réalisée par de Jong et Kachanoski (1988), mettant en évidence que 50 % environ des pertes de carbone étaient attribuables à l'érosion. Heureusement, les pratiques de gestion des terres axées sur l'accroissement de la MOS permettent également de contrer les effets de l'érosion.

Le fumier, la terre végétale rapportée, les boues et les résidus de récolte peuvent également être épandus sur les terres érodées ou appauvries en matière organique, dans le but de rehausser la concentration en matière organique et à améliorer la fertilité du sol. L'apport de fumier peut permettre d'augmenter la teneur en matière organique d'un sol érodé pour une durée de trois ans (Dormaar *et al.*, 1997). De plus, les épandages de fumier permettent éventuellement

Repartition de la SOM dans le champ et a l'echelle regionale

Habituellement, les deficits en humidite du sol augmentent lorsque l'on passe des sols noirs et des sols gris aux sols bruns, alors que l'inverse se produit dans le cas de la MOS, a savoir qu'elle diminue. On soupçonne qu'entre la moitie et les deux tiers de la MOS totale est presente dans l'horizon de surface (Ap) des chernozems cultives. Les donnees fournies au tableau 3.8 portent sur les variations du COS dans les horizons Ap des grands groupes de sol de l'ordre chernozemique de l'Alberta.

L'une des grandes difficultes liees au suivi des changements de teneur en MOS dans le champ reside dans l'ambiguite inherente a la description de ces changements sur les unites de paysage ou de toposequence (Smith *et al.*, 1997). Le prelevement d'echantillons de sol pour determiner les differences de MOS dans le champ peut s'averer plus utile que la simple tentative de determiner la concentration moyenne du champ. La variabilite spatiale de la MOS a l'interieur du champ peut constituer un probleme epineux, meme avec le meilleur plan d'echantillonnage possible. La deuxieme difficulte reside dans la necessite de faire une distinction entre le retrait absolu de MOS (pertes par oxydation) et sa redistribution dans les environs sous l'effet de l'erosion (Ellert *et al.*, 1999). L'une des solutions a ces obstacles consiste a integrer une analyse du relief du terrain dans les etudes portant sur la concentration et la composition de la MOS a l'interieur du champ (van Kessel *et al.*, 1994).



Source : McGill *et al.* (en préparation)
Nota : En 1980, le taux d'accumulation du carbone s'est accru. Les lignes pointillées qui apparaissent après 1980 représentent la tendance qu'aurait suivie le COS en l'absence de changement dans les pratiques de gestion des terres.

Figure 3.11 Teneur en COS de deux sols présentant des taux très différents au départ et soumis à des régimes de culture permettant l'apport de quantités identiques de carbone.

Les concentrations de matiere organique du sol sont generalement plus faibles sur les pentes et pres du sommet des collines que dans les depressions de terrain. Meme cette variabilite peut etre reduite en luttant contre l'erosion et en limitant ainsi la redistribution de la MOS (Boehm et Anderson, 1997). Des generalisations etablies a partir de donnees obtenues dans des catenas (declivites de terrain du haut vers le bas), en Sask.

Tableau 3.8 Données sur le SOC dans l'horizon Ap des sols chernozémiques de l'Alberta, par grand groupe

Grand groupe	Concentration (g/kg)	Densité apparente (Mg/m^3)	Masse (Mg/ha)	Proportion du COS total présente dans l'horizon Ap (%)
Brun	14	1,40	27,24	60
Brun foncé	27	1,20	45,36	56
Noir	42	1,10	84,55	65
Gris foncé	33	1,20	63,36	64

Source : Reinl (1984)

Tableau 3.9 Concentrations de carbone dans des sols situés le long d'une caténa, à Waldheim (Sask.)

Position	Profond. (cm)	Total C (g/kg)	Âge ^{14}C (années antérieures au présent)
Sommet	0 - 10	24,0	575 ± 80
Mi-pente	0 - 15	21,0	270 ± 45
Bas de pente	0 - 15	27,0	216 ± 45
	15 - 22	6,2	635 ± 55
	22 - 52	4,2	930 ± 55
Dépression	0 - 18	24,0	Moderne
	22 - 35	5,2	700 ± 55
	60 - 70	4,5	4 870 ± 60

Source : Martel et Paul (1974)

atchewan, ont permis de prévoir que la teneur en carbone organique (ainsi qu'en P, N et S) augmente du haut vers le bas de la pente selon le contour de redistribution de l'humidité dans le terrain (Roberts *et al.*, 1989; Verity et Anderson, 1990). Les concentrations en carbone typiques déterminées en différents points de la pente sont présentées au tableau 3.9.

Les rendements de blé suivent souvent la même tendance, à savoir faibles au sommet des collines et plus élevés dans les bas de pente au sol enrichi (Verity et Anderson, 1990). À l'intérieur d'une caténa, la teneur en COS du milieu de pente est la plus représentative de la teneur habituelle du type de sol considéré. La texture constitue un autre indicateur de la teneur en COS à l'échelon régional. En effet, les sols à texture fine retiennent plus de carbone organique que les sols à texture moyenne ou grossière. Toutefois, la quantité totale et la répartition de la MOS sont déterminées par des facteurs liés au terrain et à la gestion des terres (Pennock et van Kessel, 1997).

La MOS et l'érosion

La détérioration du sol causée par l'érosion, et la perte de productivité qui en résulte, contribuent à faire fléchir les rendements et à diminuer les restitutions de matière organique dans le sol. En outre, l'érosion redistribue de manière sélective le sol de surface vers les dépressions de terrain, où la plus grosse part de carbone du sol est emmagasinée. Par conséquent, les zones sensibles non seulement perdent de la MOS dans le processus, mais reçoivent aussi une quantité moindre des résidus de récolte requis pour reconstituer les réserves de MOS.

La conversion des prairies naturelles à l'agriculture entraîne à brève échéance la réduction de la MOS, sous l'influence du processus de minéralisation et de l'adaptation éventuelle de la terre au nouvel équilibre de la MOS. Le maintien de ce nouvel équilibre et le ralentissement de toute perte additionnelle de MOS dépend des mesures de lutte contre l'érosion. Il a en effet été prouvé que l'érosion était le principal facteur de perte de MOS dans des terres en culture depuis plus de 23 ans (Gregorich *et al.*, 1998). Des données rapportées par Gregorich et Anderson (1985) révèlent que l'érosion était à l'origine de 20 % des pertes de carbone survenues après 23 ans de culture, comparativement à entre 40 et 55 % après 54 ans de culture. Une autre étude des pertes estimatives de carbone causées par l'érosion dans des sols à texture grossière a été réalisée par de Jong et Kachanoski (1988), mettant en évidence que 50 % environ des pertes de carbone étaient attribuables à l'érosion. Heureusement, les pratiques de gestion des terres axées sur l'accroissement de la MOS permettent également de contrer les effets de l'érosion.

Le fumier, la terre végétale rapportée, les boues et les résidus de récolte peuvent également être épandus sur les terres érodées ou appauvries en matière organique, dans le but de rehausser la concentration en matière organique et d'améliorer la fertilité du sol. L'apport de fumier peut permettre d'augmenter la teneur en matière organique d'un sol érodé pour une durée de trois ans (Dormaar *et al.*, 1997). De plus, les épandages de fumier permettent éventuellement

d'obtenir des rendements de blé équivalents ou supérieurs à ceux obtenus dans des terres non érodées.

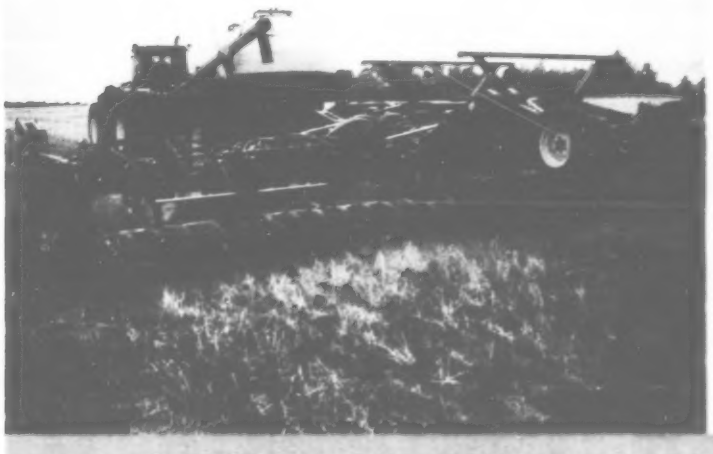
La fraction dynamique de la MOS comme indicateur des variations de qualité des sols

En raison de la nature hautement instable de la MOS dynamique et de la brièveté relative de son cycle de remplacement, il s'avère plus facile de distinguer les changements tant positifs que négatifs attribuables à la gestion des terres dans cette fraction que dans la MOS totale (Carcamo *et al.*, 1997). Par conséquent, l'évaluation de la MOS totale ne constitue pas nécessairement le meilleur moyen de rapporter les changements de qualité de la MOS (McGill *et al.*, 1998).

Parmi les changements qui influencent la masse globale de MOS dynamique figurent la quantité, les propriétés chimiques et l'accessibilité des apports de résidus; de plus, les facteurs environnementaux comme l'humidité, la température et les précipitations influencent l'activité microbienne du sol (Gregorich et Janzen, 1996). Des conditions telles qu'une température et une humidité élevées augmentent le taux de décomposition de la MOS. Gregorich et Janzen (1996) ont mis en évidence que, comme les pratiques agricoles exercent une incidence sur presque toutes les sources d'influences identifiées, la qualité de la matière organique sera considérablement affectée par ces pratiques.

De récentes recherches ont montré que plusieurs caractéristiques de la MOS dynamique évaluées peuvent constituer d'efficaces indicateurs des changements dans la qualité de la MOS. Au nombre des caractéristiques couramment étudiées figurent le carbone organique et l'azote organique totaux, la fraction légère et microbienne (particulaire) de la matière organique, le C_{min} et le N_{min}, la biomasse microbienne ainsi que les hydrates de carbone et les enzymes du sol (Gregorich *et al.*, 1994). En outre, Carcamo *et al.* (1997) ont fait remarquer que la quantité et la qualité de la FLMO riche en C et en N détermine l'efficacité de stabilisation du carbone et, par suite, la quantité de carbone du sol émise. La fraction minéralisable de la MO est une source importante d'éléments nutritifs des plantes, de sorte que les changements qui surviennent dans cette fraction ont une incidence sur la fertilité du sol.

Campbell *et al.* (1997a) ont observé que différentes façons culturales ont eu une influence sur le carbone et l'azote minéralisables après une période de sept ans, tandis qu'il a fallu attendre 11 ans pour observer des changements dans le carbone et l'azote organiques, la biomasse microbienne et l'activité respiratoire intrinsèque. Dans le cadre d'une étude au sujet des effets des pratiques agricoles de conservation sur les caractéristiques de la MOS, Bolinder *et al.* (1999) ont découvert que la fraction légère d'azote (FL-N), l'azote de la matière macro-organique (N-MMO), le C-MOM, la FL-C et le carbone de la biomasse microbienne (C-BM) étaient passablement sensibles à ces pratiques. Pour leur part, Campbell *et al.* (1999b) ont également remarqué que les constituants les plus labiles de la MOS étaient plus influencés par



Une étude approfondie de la masse de MOS des terres agricoles en Alberta a conclu qu'en l'absence d'érosion il serait possible de réduire la perte et favoriser la rétention de carbone en supprimant la pratique de la jachère sur les terres de cultures annuelles (Bloom et al., 1998).

Tableau 3.10 Taux de variation du COS à une profondeur de 0 à 30 cm dans les terres agricoles des Prairies canadiennes, par province

	1858		1905		1999		Superficie		Perte de C 1910-1999
	Taux[1]	Total[2]	Taux[1]	Total[2]	Taux[1]	Total[2]	[illegible] kilos	Totale kilos	%
MB	-76,7	-0,466	-73,2	-0,466	-66,1	-0,421	1 161	6 369	25,8
SK	-58,3	-0,800	-36,5	-0,744	-22,6	-0,459	3 419	20 376	20,6
AB	-64,0	-1,080	-79,9	-1,030	-74,5	-0,956	2 189	12 869	27,9

Source : Smith et al. (1997)
Note : [illegible] d'après l'ordonnée d'une courbe de régression de 10 ans calculée sur l'ensemble des années visées.
[2] Mégatonnes

les traitements positifs que représentaient l'augmentation de la fréquence des cultures, l'application d'engrais, les engrais verts à base de légumineuses et les cultures fourragères d'herbes et légumineuses en mélange que ne l'étaient le carbone et l'azote organiques dans leur ensemble.

Une autre recherche menée par Campbell *et al.* (1999a) pour étudier l'incidence des tendances saisonnières et de la rotation des cultures sur certaines propriétés biochimiques du sol a révélé que toutes les caractéristiques biochimiques (sauf le carbone de la biomasse microbienne, CBM) étaient assorties de valeurs plus élevées dans la rotation de blé en continu que dans la rotation blé-jachère. Après 29 ans de rotation blé-jachère, il a été estimé que les concentrations de C et de N affichaient un recul de 15 % par rapport à la rotation de blé en continu. Les constituants labiles (sauf le CBM) s'étaient dégradés dans une beaucoup plus grande mesure au cours de la même période. À titre d'exemple, le C_{min} et le N_{min} s'étaient dégradés de 45 %, et le C-FL s'était dégradé dans une mesure variant entre 60 et 75 %. Campbell *et al.* (1999a; 1999b) ont également mis en évidence le besoin d'effectuer plusieurs mesures au fil des saisons en raison de la variabilité saisonnière (température, humidité du sol et précipitation) des constituants labiles de la MOS. Dans le cadre d'une étude concernant l'incidence du travail du sol et de la rotation des cultures sur la fraction légère de la MOS dans des chernozems de la Saskatchewan, Liang *et al.* (1999) ont découvert que dans les trois groupes de sol (noir, brun et brun foncé), les rotations continues permettaient d'obtenir des rapports FLCO/COS plus élevés comparativement aux rotations comprenant de la jachère. Ces résultats démontrent que la FLCO est un indicateur sensible des changements dans le COS. Toutefois, l'incidence des régimes de travail du sol sur la quantité de FLCO n'était pas aussi uniforme que l'incidence exercée par le type de rotation. Par conséquent, il n'a pas été possible de conclure que la FLCO était un indicateur sensible des changements dans le COS influencés par le régime de travail du sol (Liang *et al.*, 1999).

Gérer le taux de matière organique du sol

Les pratiques de gestion des terres influencent fortement la concentration et la masse de la matière organique contenue dans le sol. Immédiatement après le défrichage de la prairie, la concentration en MOS des terres vierges, auparavant stable, a commencé à diminuer. Selon des estimations récentes, entre 14 et 40 % de la masse de COS présente dans les Prairies canadiennes avant le défrichage a disparu depuis la mise en culture des terres (Smith *et al.*, 1997; McGill *et al.*, 1988). Au tableau 3.10 sont présentés les taux de changement du COS dans les terres agricoles des Prairies, par province, tels qu'estimés selon le modèle Century. La culture des terres a également fait fléchir la concentration du COS dans la couche superficielle du sol en faisant se mélanger les horizons A, riches en matière organique, avec les horizons B sous-jacents (Reinl, 1984; McGill *et al.*, 1988). Compte tenu de la forte proportion de COS dans l'horizon Ap, les pratiques de gestion terres qui permettent d'éviter une plus grande exposition ou la dilution du COS devraient être vivement encouragées.

Dormaar et Smoliak (1985) ont prouvé qu'il était possible de ramener le taux de COS au même niveau qu'avant l'entrée en culture des terres, et ce en laissant les espèces végétales naturelles

Tableau 3.10 Taux de variation du COS à une profondeur de 0 à 30 cm dans les terres agricoles des Prairies canadiennes, par province

	1980		1985		1990		Surface		Perte de C
	Taux[1]	Total[2]	Taux[1]	Total[2]	Taux[1]	Total[2]	Échantillonnée k/ha	Totale k/ha	1910-1990 %
MB	-76,7	-0,488	-73,2	-0,466	-66,1	-0,421	1 161	6 369	25,6
SK	-39,3	-0,800	-36,5	-0,744	-22,5	-0,458	3 419	20 376	20,6
AB	-84,0	-1,080	-79,9	-1,030	-74,5	-0,956	2 189	12 829	27,9

Source : Smith *et al.* (1997)
Nota : [1] kg/ha/année d'après l'inclinaison d'une courbe de régression de 10 ans centrée sur chacune des années visées.
[2] Mt/année

les traitements positifs que représentaient l'augmentation de la fréquence des cultures, l'application d'engrais, les engrais verts à base de légumineuses et les cultures fourragères d'herbes et légumineuses en mélange que ne l'étaient le carbone et l'azote organiques dans leur ensemble.

Une autre recherche menée par Campbell *et al.* (1999a) pour étudier l'incidence des tendances saisonnières et de la rotation des cultures sur certaines propriétés biochimiques du sol a révélé que toutes les caractéristiques biochimiques (sauf le carbone de la biomasse microbienne, CBM) étaient assorties de valeurs plus élevées dans la rotation de blé en continu que dans la rotation blé jachère. Après 29 ans de rotation blé jachère, il a été estimé que les concentrations de C et de N affichaient un recul de 15 % par rapport à la rotation de blé en continu. Les constituants labiles (sauf le CBM) s'étaient dégradés dans une beaucoup plus grande mesure au cours de la même période. À titre d'exemple, le C_{min} et le N_{min} s'étaient dégradés de 45 %, et le C FL s'était dégradé dans une mesure variant entre 60 et 75 %. Campbell *et al.* (1999a; 1999b) ont également mis en évidence le besoin d'effectuer plusieurs mesures au fil des saisons en raison de la variabilité saisonnière (température, humidité du sol et précipitation) des constituants labiles de la MOS. Dans le cadre d'une étude concernant l'incidence du travail du sol et de la rotation des cultures sur la fraction légère de la MOS dans des chernozems de la Saskatchewan, Liang *et al.* (1999) ont découvert que dans les trois groupes de sol (noir, brun et brun foncé), les rotations continues permettaient d'obtenir des rapports FLCO/COS plus élevés comparativement aux rotations comprenant de la jachère. Ces résultats démontrent que la FLCO est un indicateur sensible des changements dans le COS. Toutefois, l'incidence des régimes de travail du sol sur la quantité de FLCO n'était pas aussi uniforme que l'incidence exercée par le type de rotation. Par conséquent, il n'a pas été possible de conclure que la FLCO était un indicateur sensible des changements dans le COS influencés par le régime de travail du sol (Liang *et al.*, 1999).

Gérer le taux de matière organique du sol

Les pratiques de gestion des terres influencent fortement la concentration et la masse de la matière organique contenue dans le sol immédiatement après le défrichage de la prairie, la concentration en MOS des terres vierges, auparavant stable, a commencé à diminuer. Selon des estimations récentes, entre 14 et 40 % de la masse de COS présente dans les Prairies canadiennes avant le défrichage a disparu depuis la mise en culture des terres (Smith *et al.*, 1997; McGill *et al.*, 1988). Au tableau 3.10 sont présentés les taux de changement du COS dans les terres agricoles des Prairies, par province, tels qu'estimés selon le modèle Century. La culture des terres a également fait fléchir la concentration du COS dans la couche superficielle du sol en faisant se mélanger les horizons A, riches en matière organique, avec les horizons B sous-jacents (Reuil, 1984; McGill *et al.*, 1988). Compte tenu de la forte proportion de COS dans l'horizon Ap, les pratiques de gestion terres qui permettent d'éviter une plus grande exposition ou la dilution du COS devraient être vivement encouragées.

Dormaar et Smoliak (1985) ont prouvé qu'il était possible de ramener le taux de COS au même niveau qu'avant l'entrée en culture des terres, et ce en laissant les espèces végétales naturelles

repeupler les terres et en pratiquant une exploitation modérée des pâturages. Toutefois, dans les terres de la zone des sols bruns du sud de l'Alberta qui ont été cultivées pendant tout au plus 15 ans, les recherches ont permis d'estimer qu'il faudrait pratiquer un mode de culture peu intensif pendant au moins 55 ans pour ramener le taux de COS à son niveau d'origine. Il a en outre été déterminé qu'il faudrait plus de 75 ans pour que la MOS retrouve sa qualité originale dans les terres de la zone de sols bruns, et plus de 150 ans dans les terres de la zone des sols noirs (Dormaar *et al.*, 1990).

Les chernozems de la zone des sols bruns retrouveront plus facilement leur état d'origine que ceux de la zone des sols noirs en raison de la moindre qualité et de la moindre stabilité de la MOS contenue dans les sols bruns (Dormaar, 1975). Les sols qui contiennent une masse élevée de COS doivent soutenir une productivité forte pour simplement maintenir leur teneur en COS, tandis que les sols possédant une faible masse de COS ne pourront soutenir qu'une faible productivité pour maintenir ou augmenter leur teneur en COS.

Les cultures fourragères (herbes naturelles et cultivées, légumineuses) apportent beaucoup plus de MOS que les cultures céréalières conventionnelles (Campbell *et al.*, 1991a). Les taux accrus d'accumulation de matière organique observés dans les terres supportant des cultures pérennes (herbage ou foin) sont probablement attribuables à la faible fréquence du travail du sol et à l'importante masse de racines caractéristique des graminées (Soon et Arshad, 1996).

Nombre d'études menées dans les Prairies ont mis en évidence que l'insertion d'une jachère dans la rotation des cultures contribue à faire diminuer les quantités de MOS. Par opposition, les terres en culture continue bénéficient d'un apport annuel de résidus et de racines, et la période durant laquelle l'humidité du sol est suffisamment élevée pour favoriser la décomposition de la MOS est plus brève (Campbell *et al.*, 1995). Pendant la période de la jachère, le carbone emmagasiné dans la MOS se minéralise et disparaît, tandis que l'azote organique du sol se transforme en NO_3, qui profite à la croissance des cultures ultérieures (McGill *et al.*, 1986; Voroney *et al.*, 1989; Campbell *et al.*, 1991a; Bremer *et al.*, 1994).

La rotation blé-jachère provoque une régression plus rapide de la matière organique du sol que la rotation blé-blé-jachère. En effet, dans le cadre d'une étude portant sur un chernozem de la zone de sols bruns, les recherches ont démontré que la quantité de carbone organique du sol a diminué de 17, 21 et 23 % respectivement après 80 ans de culture de blé en continu, de blé-blé-jachère en rotation et de blé-jachère en rotation (Monreal et Janzen, 1993).

L'augmentation de la fréquence des cultures et l'apport d'engrais contribuent tous deux à accroître la quantité de biomasse végétale produite dans un champ. Si des études menées sur des chernozems de la Saskatchewan

Il est possible de minimiser les pertes de matière organique dues à l'érosion en plantant des brise-vent. Les brise-vent atténuent les pertes de sol dans les terres à texture moyenne et assez grossière (de Jong et Kowalchuk, 1995).

permettent de déduire qu'il n'est peut-être pas indispensable de laisser la paille dans le champ après la moisson pour maintenir le taux de matière organique (Campbell *et al.*, 1997a; Campbell *et al.*, 1991b), d'autres études fournissent des résultats contradictoires (Campbell et Zentner, 1993). La principale interprétation de tels résultats est que la biomasse racinaire laissée dans le sol après la récolte pourrait jouer un rôle beaucoup plus important qu'on ne le croyait auparavant. En effet, les racines pourraient contribuer dans une bien plus grande mesure au maintien du taux de MOS qu'une quantité équivalente de paille.

Dans les rotations de cultures annuelles pratiquées dans les Prairies, la quantité de MOS présente dans la couche superficielle du sol (0-15 cm) varie selon la quantité et la concentration d'azote des résidus de récolte foliaires laissés dans le champ (Campbell et Zentner, 1993). Durant les années de faible production, il a été observé que le taux de MOS diminue (Campbell et Zentner, 1993). L'apport d'éléments nutritifs aux cultures en quantité suffisante, sous forme d'engrais, stimule la production de biomasse végétale, laquelle se décompose puis ajoute à son tour des éléments nutritifs du sol (Malhi *et al.*, 1997).

La jachère peut également faire diminuer indirectement les concentrations de MOS en laissant le sol sensible à l'érosion pendant toute une saison. L'absence de couvert végétal provoquée par le travail du sol pendant la jachère et la décomposition des résidus de récolte facilitent l'érosion, laquelle contribue à réduire la teneur en carbone organique, principalement sur les buttes et près des sommets de pente des champs (Boehm et Anderson, 1997). Quel que soit leur stade de décomposition, les résidus de récolte favorisent l'aération et l'ameublissement du sol (Boehm et Anderson). Ainsi, en réduisant le niveau de résidus, la jachère contribue à accroître la densité apparente du sol.

Dans les régions où il est possible de contrer l'érosion et d'éliminer la pratique de la jachère tout en maintenant un régime de cultures rentable, un niveau de MOS proche du niveau d'équilibre original pourrait probablement être établi dans une période aussi courte que 10 ou 20 ans. Nyborg *et al.* (1995) ont observé que la culture continue, l'apport suffisant d'engrais et le travail minimum du sol dans deux types de terre, dont un possédait une masse élevée en COS au début de l'étude, ont permis d'augmenter la masse COS (ou de l'empêcher de fléchir) de 8 à 37 % en 10 ans. La réduction de la fréquence du travail du sol à un seul passage par rotation longue (7-15 ans) peut également contribuer à maintenir la concentration et la qualité de la matière organique du sol (Boehm et Anderson, 1997).

Du fait qu'elles perturbent moins le sol, les méthodes de travail propices à la conservation du sol devraient permettre d'augmenter, sinon de stabiliser la teneur de MOS, grâce à une moindre aération du sol, à un apport accru de résidus et à la réduction des pertes de MOS causées par l'érosion. Toutefois, les expériences sur le sol sont d'ordinaire de trop courte durée pour permettre de discerner une stabilisation ou un gain de la MOS. Dans une comparaison entre le travail conventionnel, le travail minimum et l'absence de labour sur un chernozem de la zone des sols bruns, aucun changement entre traitements n'a été observé après trois ans de travail minimum du sol, et aucune variation n'a été décelée dans les masses de COS après sept ans. Ce n'est qu'après 11 ans de travail constamment axé sur la conservation du sol que l'on a distingué une hausse notable dans la masse de COS des parcelles traitées sans labour, comparativement aux parcelles de travail minimum et de travail du sol conventionnel (Campbell *et al.*, 1997b).

Conclusion

La matière organique est un composant vital du sol, dont elle influence fortement les propriétés physiques et chimiques. Ces propriétés agissent à leur tour sur de nombreux facteurs, dont les rendements, le stockage de carbone dans le sol et l'atténuation des répercussions de l'activité agricole sur l'environnement.

Beaucoup de connaissances ont déjà été accumulées sur le rôle de la MOS, mais il faudra mener beaucoup d'autres études pour projeter à l'échelle locale, régionale et nationale l'information obtenue grâce aux analyses en laboratoire et aux parcelles d'essai établies à long terme (Monreal, 1999).

La qualité de l'eau

La qualité de l'eau est un facteur crucial de la santé de tous les êtres vivants, des poissons aux insectes aquatiques et des animaux sauvages aux humains. Cette qualité varie énormément dans les ruisseaux, les lacs et les rivières à travers les Prairies, à l'instar de la grande diversité du terrain et des façons d'utiliser les terres.

La qualité de l'eau est normalement caractérisée par les propriétés physiques et les constituants chimiques et biologiques de cette ressource. La qualité est aussi évaluée en fonction de l'utilisation prévue de l'eau, pour la consommation humaine, pour abreuver le bétail,

à des fins récréatives, comme milieu aquatique ou encore pour l'irrigation. Au Canada, on évalue habituellement la qualité de l'eau en déterminant si elle répond aux Recommandations pour la qualité des eaux préparées par le Conseil canadien des ministres de l'environnement.

Les caractéristiques de la qualité de l'eau les plus pertinentes pour les terres des Prairies sont les éléments nutritifs (principalement l'azote et le phosphore), les pesticides agricoles, les pathogènes et les paramètres physiques comme la présence de sédiments, la température ainsi que la teneur en oxygène dissous, en sels et en métaux.

Les conditions et processus naturels qui affectent la qualité de l'eau des Prairies comprennent :

- le moment, la durée, l'intensité et la répartition géographique des précipitations et du ruissellement
- l'érosion naturelle des chenaux de cours d'eau
- les caractéristiques physiques et chimiques du sol traversé par l'eau ainsi que la distance parcourue par l'eau dans le sol
- la topographie et les caractéristiques physiques et chimiques des matériaux de surface
- l'hydrographie ou la présence de terres humides et de lacs, ainsi que les caractéristiques physiques de ces masses d'eau
- la présence et la densité de la faune (p. ex., les castors) susceptible de modifier les caractéristiques physiques des masses d'eau.

Les activités humaines qui exercent une influence sur la qualité de l'eau sont tout aussi variées. Elles comprennent la production agricole et l'exploitation forestière, les déversements municipaux localisés, les eaux de ruissellement urbaines, les puits mal creusés ou non obturés, la pollution atmosphérique localisée et diffuse, les barrages et structures de dérivation, les activités minières et les carrières de gravier.

Au cours des dernières années, on s'est penché de plus près sur l'incidence des activités agricoles sur la qualité de l'eau et on a admis que l'agriculture a des répercussions néfastes sur certains bassins hydrographiques des Prairies (Comité Canada-Alberta pour une qualité de l'eau durable en agriculture, 1998). Parmi les sources agricoles de contamination de l'eau figurent:

- l'érosion hydrique et le ruissellement des champs ayant reçu des épandages d'engrais, de pesticides et de fumier
- le ruissellement et les eaux usées des élevages de bétail
- le lessivage dans l'eau souterraine des contaminants appliqués sur les terres.

Le tableau 3.11 fournit une ventilation plus détaillée des activités agricoles et de leurs répercussions respectives.

Des études menées aux États-Unis ont démontré que la principale préoccupation en ce qui a trait à la qualité de l'eau provenant du ruissellement des champs est le déplacement des sédiments dans les eaux de surface. On ne sait toutefois pas précisément quelle est l'ampleur de la sédimentation causée par les eaux de ruissellement dans les Prairies canadiennes (Anderson *et al.*, 1998a; Environnement Canada, 1990). Les sédiments proprement dits ainsi que les éléments nutritifs, ou substances chimiques, adsorbés par les particules de sol peuvent compromettre la qualité de l'eau. Une érosion rapide du sol peut accroître le déplacement des sédiments et la dégradation de la qualité de l'eau. Ces problèmes peuvent avoir pour cause la culture des fortes pentes à proximité des masses d'eau, l'exploitation excessive des herbages par le bétail, particulièrement dans les pâturages fortement inclinés, et le piétinement de la végétation poussant près des berges de cours d'eau. La canalisation des cours d'eau et le drainage effectués pour faciliter l'égouttement des terres agricoles sont d'autres causes potentielles de déplacement des sédiments dans les cours d'eau.

L'irrigation mal gérée et l'épandage de fumier en quantité excessive peuvent accroître encore davantage les risques de détérioration de la qualité de l'eau liés au ruissellement. Par ailleurs, l'érosion éolienne et le dépôt de poussière déplacée par le vent (blowdirt) contribuent également à la sédimentation de terre dans les masses d'eau. Lorsque la poussière de sol soulevée par le vent se dépose dans les fossés et les canaux de drainage, elle peut facilement être emportée dans les masses d'eau à la prochaine période de ruissellement.

Le fumier et les eaux usées provenant des élevages de bétail constituent aussi d'importantes sources de pollution aquatique. L'eau de ruissellement des parcs d'engraissement et des aires d'affouragement d'hiver renferment de fortes concentrations de bactéries, de phosphore, d'ammoniac et d'autres contaminants. Ces eaux de ruissellement se déversent habituellement dans les cours d'eau des Prairies sans être traitées. En outre, l'accès non contrôlé du bétail aux cours d'eau contribue à l'accumulation d'éléments nutritifs et de pathogènes dans l'eau, en plus d'accroître l'érosion des berges.

Tableau 3.11 Répercussions des activités agricoles sur la qualité de l'eau

D Directe I Indirecte N Nul

Impact potentiel	Défrichage	Perturbation des cours d'eau	Puisage d'eau	Barrages	Culture	Irrigation et drainage	Contaminants	Pâturage	Épandage d'engrais et de pesticides	Élevage intensif
Pollution générale localisée	I	I	I	D	I	I	D	D	I	D
Pollution générale diffuse	D	D	I	I	D	D	D	D	D	I
Ruissellement accru à partir des terres hautes	D	I	I	I	D	D	I	D	N	D
Écoulement en nappe continue accru, érosion de surface et ravinement	D	I	I	I	D	D	I	D	N	D
Alimentation réduite en eau souterraine	D	I	D	D	D	D	I	D	N	D
Contribution réduite de l'eau souterraine à la nappe phréatique	D	D	D	I	D	D	I	D	N	N
Pollution de l'eau souterraine	I	I	I	I	I	D	D	I	D	D
Érosion accrue des berges et affouillement des lits de cours d'eau	D	D	I	D	D	I	I	D	N	D
Sédimentation, salinité et turbidité accrues en eau de surface	D	D	I	D	I	D	D	D	D	D
Taux accru de nutriants et eutrophication possible en eau de surface	D	D	I	D	D	D	D	D	D	D
Exp. accrue des eaux de surface à la radiation solaire et aux temp. extrêmes	D	D	D	I	D	I	I	D	N	D
Température accrue dans les eaux de surface	D	D	D	D	I	I	I	D	N	I
Concentration réduite en oxygène dissous	D	D	D	D	I	I	I	D	I	D

Le risque de lessivage des contaminants dans l'eau souterraine est particulièrement préoccupant dans les régions où des quantités excessives de fumier et de produits chimiques agricoles sont épandues sur le terrain, surtout dans les zones d'irrigation, ainsi que directement sous les fosses à lisier incorrectement conçues. Ce risque est d'autant plus préoccupant qu'il est difficile de suivre et d'évaluer les changements survenant dans les eaux souterraines, et que l'état de qualité de ces eaux peut s'avérer difficile à rectifier. Une fois contaminées, spécialement par des composants organiques toxiques, les eaux souterraines restent probablement dans cet état de façon permanente (MacDonnell et Guy, 1991).

Études sur la qualité de l'eau dans les Prairies

Dans les Prairies, le développement agricole des terres a nécessité le défrichage et le drainage d'importantes étendues et a provoqué l'érosion du sol, le retrait des eaux, la concentration du bétail, l'épandage de fumier et d'engrais de synthèse ainsi que l'application de pesticides. Le développement agricole a eu des répercussions aussi vastes et négatives pour la qualité de l'eau. Cette conclusion est basée principalement sur l'interprétation de l'impact de certaines pratiques agricoles et activités connexes et sur des extrapolations (McGarry, 1987; Miller *et al.*, 1992; Waite *et al.*, 1992; Green, 1996; Grift, 1997; Hill *et al.*, 1997; Olson *et al.*, 1997; Anderson *et al.*, 1998b; Anderson *et al.*, 1998c). Bien que peu d'évaluations de l'incidence de l'agriculture sur la qualité de l'eau aient été réalisées à l'échelon régional en Saskatchewan, de telles évaluations ont été entreprises tant au Manitoba qu'en Alberta.

L'indice de qualité des eaux utilisé au Manitoba permet de suivre les tendances dans le temps pour toutes les régions de la province, notamment l'écozone des Prairies, où ont lieu la majeure partie des

Tableau 3.11 Répercussions des activités agricoles sur la qualité de l'eau

D Directe I Indirecte N Nul — Impact potentiel	Activité perturbatrice: Défrichage	Perturbation des cours d'eau	Puisage d'eau	Barrages	Culture	Irrigation et drainage	Contaminants	Pâturage	Épandage d'engrais et de pesticides	Élevage intensif
Pollution générale localisée	I	I	I	D	I	I	D	D	I	D
Pollution générale diffuse	D	D	I	I	D	D	D	D	D	I
Ruissellement accru à partir des terres hautes	D	I	I	I	D	D	I	D	N	D
Écoulement en nappe continue accru, érosion de surface et ravinement	D	I	I	I	D	D	I	D	N	D
Alimentation réduite en eau souterraine	D	I	D	D	D	D	I	D	N	D
Contribution réduite de l'eau souterraine à la nappe phréatique	D	D	D	I	D	D	I	D	N	N
Pollution de l'eau souterraine		I	I	I	I	D	D	I	D	D
Érosion accrue des berges et affouillement des lits de cours d'eau	D	D	I	D	D	I	I	D	N	D
Sédimentation, salinité et turbidité accrues en eau de surface	D	D	I	D	I	D	D	D	D	D
Taux accru de nutriants et eutrophication possible en eau de surface	D	D	I	D	D	D	D	D	D	D
Exp. accrue des eaux de surface à la radiation solaire et aux temp. extrêmes	D	D	D	I	D	I	I	D	N	D
Température accrue dans les eaux de surface	D	D	D	D	I	I	I	D	N	I
Concentration réduite en oxygène dissous	D	D	D	D	I	I	I	D	I	D

Le risque de lessivage des contaminants dans l'eau souterraine est particulièrement préoccupant dans les régions où des quantités excessives de fumier et de produits chimiques agricoles sont épandues sur le terrain, surtout dans les zones d'irrigation, ainsi que directement sous les fosses à lisier incorrectement conçues. Ce risque est d'autant plus préoccupant qu'il est difficile de suivre et d'évaluer les changements survenant dans les eaux souterraines, et que l'état de qualité de ces eaux peut s'avérer difficile à rectifier. Une fois contaminées, spécialement par des composants organiques toxiques, les eaux souterraines restent probablement dans cet état de façon permanente (MacDonnell et Guy, 1991).

Études sur la qualité de l'eau dans les Prairies

Dans les Prairies, le développement agricole des terres a nécessité le défrichage et le drainage d'importantes étendues et a provoqué l'érosion du sol, le retrait des eaux, la concentration du bétail, l'épandage de fumier et d'engrais de synthèse ainsi que l'application de pesticides. Le développement agricole a eu des répercussions aussi vastes et négatives pour la qualité de l'eau. Cette conclusion est basée principalement sur l'interprétation de l'impact de certaines pratiques agricoles et activités connexes et sur des extrapolations (McGarry, 1987; Miller *et al.*, 1992; Waite *et al.*, 1992; Green, 1996; Grift, 1997; Hill *et al.*, 1997; Olson *et al.*, 1997; Anderson *et al.*, 1998b; Anderson *et al.*, 1998c). Bien que peu d'évaluations de l'incidence de l'agriculture sur la qualité de l'eau aient été réalisées à l'échelon régional en Saskatchewan, de telles évaluations ont été entreprises tant au Manitoba qu'en Alberta.

L'indice de qualité des eaux utilisé au Manitoba permet de suivre les tendances dans le temps pour toutes les régions de la province, notamment l'écozone des Prairies, où ont lieu la majeure partie des

activités agricoles du Manitoba. Soixante-dix-sept des 80 sites de surveillance ont été classés *moyen* en ce qui a trait à la qualité de l'eau, tandis que trois ont été classés *satisfaisant* (Environnement Manitoba, 1997). Toutes les rivières et les ruisseaux situés dans l'écozone des Prairies ont été classés moyen, ce qui signifie que les conditions sont inférieures à ce qu'elles devraient être en matière de qualité. Les tendances concernant la qualité de l'eau n'ont pas changé considérablement avec le temps, sauf en ce qui concerne l'eau de la rivière Valley (située dans un bassin hydrographique agricole), dont la qualité est passée de satisfaisante à moyenne depuis 1991.

Dans six importantes rivières de l'Alberta, on rassemble des données de type indice depuis 1992. Les résultats de l'année 1997 sont présentés au tableau 3.12. Bien qu'il n'existe pas de corrélation avec l'agriculture, de manière générale la qualité de l'eau a tendance à se détériorer en aval des importantes zones d'aménagement urbain, industriel et agricole (Ministère de la Protection de l'environnement de l'Alberta, 1999).

L'*Alberta Agriculture, Food and Rural Development* et l'*Alberta Environment* ont récemment mis au point un index de la qualité de l'eau pour les cours d'eau en zone agricole. La classification des cours d'eau en fonction de cet index n'a pas encore été entreprise, mais la province commencera à publier les résultats annuellement en 2000. Par ailleurs, il n'existe pas encore de données d'index pour la Saskatchewan.

Il est généralement admis que plus l'intensité des activités agricoles est élevée, plus la qualité des eaux de surface et souterraines est menacée (Comité Canada-Alberta pour une qualité de l'eau durable en agriculture, 1998). Il s'agit d'une révélation de taille, compte tenu des objectifs actuels visant l'élargissement et l'intensification de la production agricole dans l'ensemble des Prairies.

Dans certaines régions, il a été démontré que les activités agricoles ont de fortes répercussions à l'échelon local, lesquelles se traduisent par le dépassement des seuils de tolérance applicables à la qualité de l'eau. Toutefois, les répercussions de l'activité agricole sur la qualité de l'eau au point de vue écologique et sanitaire n'ont pour ainsi dire pas été étudiées dans les Prairies canadiennes. Aussi ne comprend-on pas parfaitement l'importance globale de l'incidence de l'agriculture sur la qualité de l'eau dans l'ensemble des Prairies.

Dans les sections qui suivent, on aborde les principaux paramètres de la qualité de l'eau en ce qui a trait à l'agriculture.

Éléments nutritifs dans les eaux de surface

De nombreuses études révèlent, tant au plan quantitatif que qualitatif, des effets localisés de l'activité agricole sur les niveaux d'éléments nutritifs (p. ex., azote et phosphore) présents dans les eaux de surface des Prairies (Mitchell, 1992; Anderson *et al.*, 1995; Green, 1996). Les recherches ont démontré une forte corrélation entre la teneur en éléments nutritifs dans les bassins hydrographiques restreints et le degré d'intensité de l'activité agricole dans ces zones (Anderson *et al.*, 1998b). Une corrélation positive a été mise en évidence entre l'ampleur des apports de pesticides et d'engrais et la quantité d'éléments nutritifs dans les cours d'eau. Par ailleurs, il semble exister un lien direct entre la concentration de phosphore dans les cours d'eau situés près des élevages bovins, d'une part, et, de l'autre, le nombre d'animaux et les volumes de fumier produits (Mitchell et Hamilton, 1982).

L'eutrophisation est souvent la principale conséquence négative des apports d'éléments nutritifs dans les eaux de surface des Prairies. Dans les petites masses d'eau, l'eutrophisation causée par les sédiments semble être directement reliée à l'érosion des terres agricoles (Environnement Canada, 1990). Toutefois, à l'échelle régionale, il ne semble pas exister de lien direct entre les éléments nutritifs d'origine agricole et la qualité des masses d'eau de surface. Dans beaucoup de petites masses d'eau de surface, il semble que les processus d'eutrophisation ayant lieu naturellement sont accélérés par les apports d'éléments nutritifs causés par l'agriculture. Dans d'autres situations, on ne sait tout simplement pas si les masses d'eau étaient eutrophiques à l'origine ou si elles sont en train de le devenir à cause des apports agricoles.

Éléments nutritifs dans les eaux souterraines

La plus grande préoccupation en ce qui a trait à la contamination des eaux souterraines est liée à la santé des personnes et des animaux qui consomment ces eaux. À cet égard, l'azote sous forme de nitrate est le composant qui suscite le plus de crainte.

Les éléments nutritifs contenus dans les eaux souterraines peuvent provenir de sources naturelles (géologique, environnementale) ou de sources anthropiques (fosses septiques, dépotoirs municipaux, conduits d'égout non étanches, épandages d'eaux d'égout et de boues d'épuration dans les champs, fuites ou déversements de produits chimiques industriels, élevages intensifs, épandages de fumier et d'engrais dans les terres agricoles). La vulnérabilité d'un aquifère donné à la pollution de source superficielle dépend du processus d'écoulement, de la géologie et du climat.

Des recherches laissent penser que la contamination des éléments nutritifs dans les eaux souterraines profondes (de plus de 30 m) n'est pas répandue actuellement ni qu'il y a vraiment lieu de s'en inquiéter dans les Prairies (voir exemples au tableau 3.13). Néanmoins, dans un aquifère situé au Manitoba, l'analyse au tritium a permis de noter que le plus haut niveau de nitrate dans les eaux d'alimentation de puits a été enregistré après 1953 (Betcher, 1997). Ces résultats permettent de conclure que l'azote se déplace à un rythme constant à travers des épaisseurs relativement importantes pendant plusieurs décennies. Ainsi, il se pourrait que les résultats actuels représentent simplement le commencement des cas de haute concentration en nitrate dans les eaux

Tableau 3.12 Cotes sur la qualité de l'eau et pourcentage de conformité par rapport aux lignes directrices applicable à l'usage récréatif, à la vie aquatique et à l'agriculture dans six importantes rivières de l'Alberta - 1997

Bassin	Récréatif	Usage[1] Vie aquatique	Agriculture
Rivières Smoky et de la Paix			
à Watino	I - 75 %	M - 90 %	M - 95 %
à Fort Vermilion	I - 75 %	M - 91 %	S - 98 %
Rivière Saskatchewan Nord			
à Devon en am. d'Edmonton	M - 94 %	S - 98 %	S - 99 %
à Pakan en av. d'Edmonton	N - 47 %	M - 90 %	S - 99 %
Rivière Red Deer			
Route 2 en am. de Red Deer	M - 89 %	M - 94 %	S - 99 %
à Morrin en av. de Red Deer	I - 75 %	M - 91 %	S - 99 %
Rivière Bow			
à Cochrane en am. de Calgary	S - 100 %	S - 99 %	S - 100 %
à Carseland en av. de Calgary	N - 61 %	M - 89 %	S - 98 %
Rivière Oldman			
Route 3 en am. de Lethbridge	M - 88 %	S - 98 %	S - 99 %
Route 36 en av. de Lethbridge	N - 66 %	M - 89 %	S - 99 %

Source : Ministère de la Protection de l'environnement de l'Alberta (1999)

[1] Conforme aux lignes directrices provisoires de l'Alberta concernant la qualité des eaux de surface

Note : Cotes de qualité : Satisfaisante (S) = 100 – 96 %; Moyenne (M) = 95 – 88 %; Insatisfaisante (I) = 85 – 71 %; Non acceptable (N) = < 70 %

av. = aval; am. = amont

Éléments nutritifs dans les eaux souterraines

La plus grande préoccupation en ce qui a trait à la contamination des eaux souterraines est liée à la santé des personnes et des animaux qui consomment ces eaux. À cet égard, l'azote sous forme de nitrate est le composant qui suscite le plus de crainte.

Les éléments nutritifs contenus dans les eaux souterraines peuvent provenir de sources naturelles (géologique, environnementale) ou de sources anthropiques (fosses septiques, dépotoirs municipaux, conduits d'égout non étanches, épandages d'eaux d'égout et de boues d'épuration dans les champs, fuites ou déversements de produits chimiques industriels, élevages intensifs, épandages de fumier et d'engrais dans les terres agricoles). La vulnérabilité d'un aquifère donné à la pollution de source superficielle dépend du processus d'écoulement, de la géologie et du climat.

Des recherches laissent penser que la contamination des éléments nutritifs dans les eaux souterraines profondes (de plus de 30 m) n'est pas répandue actuellement ni qu'il y a vraiment lieu de s'en inquiéter dans les Prairies (voir exemples au tableau 3.13). Néanmoins, dans un aquifère situé au Manitoba, l'analyse au tritium a permis de noter que le plus haut niveau de nitrate dans les eaux d'alimentation de puits a été enregistré après 1953 (Betcher, 1997). Ces résultats permettent de conclure que l'azote se déplace à un rythme constant à travers des épaisseurs relativement importantes pendant plusieurs décennies. Ainsi, il se pourrait que les résultats actuels représentent simplement le commencement des cas de haute concentration en nitrate dans les eaux

Tableau 3.12 Cotes sur la qualité de l'eau et pourcentage de conformité par rapport aux lignes directrices applicable à l'usage récréatif, à la vie aquatique et à l'agriculture dans six importantes rivières de l'Alberta - 1997

Bassin	Usage[1]		
	Récréatif	Vie aquatique	Agriculture
Rivières Smoky et de la Paix			
à Watino	I - 75 %	M - 90 %	M - 95 %
à Fort Vermillion	I - 75 %	M - 91 %	S - 96 %
Rivière Saskatchewan Nord			
à Devon en am. d'Edmonton	M - 94 %	S - 98 %	S - 99 %
à Pakan en av. d'Edmonton	N - 47 %	M - 90 %	S - 99 %
Rivière Red Deer			
Route 2 en am. de Red Deer	M - 86 %	M - 94 %	S - 99 %
à Morrin en av. de Red Deer	I - 75 %	M - 91 %	S - 99 %
Rivière Bow			
à Cochrane en am. de Calgary	S - 100 %	S - 98 %	S - 100 %
s. Carseland en av. de Calgary	N - 61 %	M - 88 %	S - 98 %
Rivière Oldman			
Route 3 en am. de Lethbridge	M - 86 %	S - 96 %	S - 99 %
Route 36 en av. de Lethbridge	N - 66 %	M - 88 %	S - 99 %

Source : Ministère de la Protection de l'environnement de l'Alberta (1999)

[1] Conforme aux lignes directrices provisoires de *l'Alberta concernant la qualité des eaux de surface*

Nota : Cotes de qualité : Satisfaisante (S) = 100 – 96 %; Moyenne (M) = 95 – 86 %; Insatisfaisante (I) = 85 – 71 %; Non acceptable (N) = < 70 %

av. = aval; am. = amont

souterraines. Cependant, cette situation n'a été observée nulle part ailleurs dans les Prairies.

Les recherches ont indiqué que la saturation du sol en nitrate près des parcs d'engraissement et dans les zones recevant des quantités excessives de fumier pourrait créer des problèmes sérieux et de grande ampleur dans les eaux souterraines (Riddell et Rodvang, 1992). On estime que les aquifères libres et peu profonds sont les plus à risque. Des études semblables ont démontré que les nitrates s'accumulent dans le profil de sol des terres arides en raison de l'épandage de fumier ou de l'application d'engrais de synthèse excédant les besoins des cultures. La mesure dans laquelle cette accumulation de nitrate dans le sol affecte les eaux souterraines dépend du temps écoulé entre l'épandage et la chute des pluies ainsi que du régime climatique de la région, notamment la hauteur totale de précipitations (Olson *et al.*, 1997).

Pesticides dans les eaux de surface

Les recherches démontrent clairement que l'on retrouve à peu près partout des pesticides agricoles en faible concentration (taux de détection de 20 à 100 % dans les bassins hydrographiques agricoles) dans les eaux de surface (Anderson, 1995; Anderson *et al.*, 1998c; Buckland *et al.*, 1998; Currie et Williamson, 1995). Les pesticides peuvent être transportés dans les masses d'eau de surface directement lors de l'épandage ainsi que par ruissellement, lessivage, dérive du vent ou retombées atmosphériques. Le déplacement des matériaux emportés par le ruissellement peut se produire à la surface du terrain (ruissellement superficiel) ou dans le sous-sol. De plus, la manutention sans précaution des pesticides peut causer des déversements, des fuites et le refoulement accidentel de liquide dans la source d'eau.

Les données laissent penser que dans les zones d'irrigation et dans d'autres zones où les pesticides sont appliqués en quantité relativement plus importante, les eaux de surface sont plus vulnérables à la contamination par les pesticides agricoles. Par opposition, une étude menée sur le ruisseau South Tobacco, au Manitoba, a révélé que les principaux facteurs d'entrée de plusieurs pesticides dans l'écosystème aquatique sont les précipitations et les retombées atmosphériques (Rawn et Muir, 1997).

S'il est fréquent de déceler la présence de pesticides agricoles dans les eaux de surface, il est rare que ces substances excèdent les recommandations établies pour la consommation d'eau par les personnes et par le bétail ainsi que pour la vie aquatique. Une situation fait cependant exception. Dans une récente étude sur la qualité de l'eau menée dans des terres humides de la Saskatchewan, Donald *et al.* (1999) ont découvert que la teneur de certains composés dépasse souvent les recommandations établies pour la vie aquatique. Les chercheurs ont estimé que, pendant 3 des 6 ans de l'étude, entre 9 et 24 % des terres humides possédaient des teneurs en pesticides qui excédaient les recommandations établies pour la protection de la vie aquatique. Dans de nombreux cas, les concentrations en pesticides dépassaient les recommandations plus rigoureuses établies pour les eaux d'irrigation dans les Prairies, particulièrement dans les canaux d'irrigation, les cours d'eau et les petits lacs situés dans les zones d'agriculture intensive.

Si les dépassements des lignes directrices pour la plupart des utilisations sont assez rares, il faut noter par ailleurs que nombre de pesticides ne font l'objet d'aucun seuil de tolérance. Par conséquent, il est difficile de formuler des commentaires sur les conséquences environnementales de la présence de ces pesticides dans les eaux de surface. De plus, les recommandations actuelles tiennent compte d'un seul composant à la fois, si bien qu'on ne connaît rien sur l'incidence de la présence simultanée en faible quantité de multiples composants.

La surveillance des pesticides dans les petits bassins hydrographiques situés en zone agricole débute à peine. Ainsi, peu de commentaires peuvent être formulés sur l'évolution de la concentration de pesticides dans ces bassins. Par ailleurs, il n'est pas facile d'évaluer les tendances à long terme à partir de données

Tableau 3.13 Cas de non-conformité avec les Recommandations canadiennes sur la qualité des eaux

Source de l'eau	Nutriants analysés	N^{bre} d'échantil.	Consom. humaine	Consom. animale
Puits profonds	Nitrate +Nitrite	448	0,6 %	0 %
Puits de surface	Nitrate +Nitrite	376	13 %	0,3 %

Source : CAESA (1998)

souterraines. Cependant, cette situation n'a été observée nulle part ailleurs dans les Prairies.

Les recherches ont indiqué que la saturation du sol en nitrate près des parcs d'engraissement et dans les zones recevant des quantités excessives de fumier pourrait créer des problèmes sérieux et de grande ampleur dans les eaux souterraines (Riddell et Rodvang, 1992). On estime que les aquifères libres et peu profonds sont les plus à risque. Des études semblables ont démontré que les nitrates s'accumulent dans le profil de sol des terres arides en raison de l'épandage de fumier ou de l'application d'engrais de synthèse excédant les besoins des cultures. La mesure dans laquelle cette accumulation de nitrate dans le sol affecte les eaux souterraines dépend du temps écoulé entre l'épandage et la chute des pluies ainsi que du régime climatique de la région, notamment la hauteur totale de précipitations (Olson *et al.*, 1997).

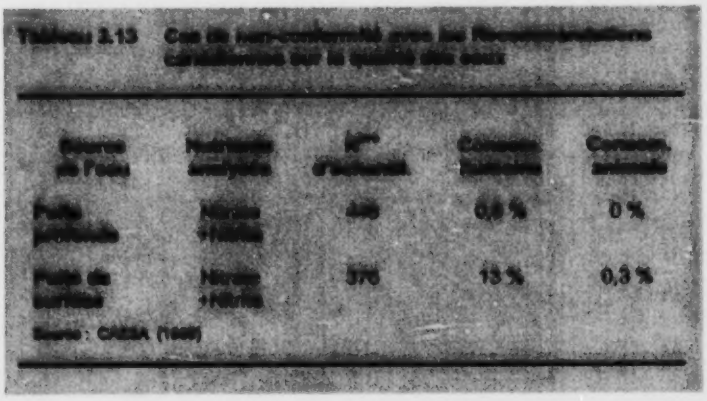
Pesticides dans les eaux de surface

Les recherches démontrent clairement que l'on retrouve à peu près partout des pesticides agricoles en faible concentration (taux de détection de 20 à 100 % dans les bassins hydrographiques agricoles) dans les eaux de surface (Anderson, 1995; Anderson *et al.*, 1998c; Buckland *et al.*, 1998; Currie et Williamson, 1995). Les pesticides peuvent être transportés dans les masses d'eau de surface directement lors de l'épandage ainsi que par ruissellement, lessivage, dérive du vent ou retombées atmosphériques. Le déplacement des matériaux emportés par le ruissellement peut se produire à la surface du terrain (ruissellement superficiel) ou dans le sous-sol. De plus, la manutention sans précaution des pesticides peut causer des déversements, des fuites et le refoulement accidentel de liquide dans la source d'eau.

Les données laissent penser que dans les zones d'irrigation et dans d'autres zones où les pesticides sont appliqués en quantité relativement plus importante, les eaux de surface sont plus vulnérables à la contamination par les pesticides agricoles. Par opposition, une étude menée sur le ruisseau South Tobacco, au Manitoba, a révélé que les principaux facteurs d'entrée de plusieurs pesticides dans l'écosystème aquatique sont les précipitations et les retombées atmosphériques (Rawn et Muir, 1997).

S'il est fréquent de déceler la présence de pesticides agricoles dans les eaux de surface, il est rare que ces substances excèdent les recommandations établies pour la consommation d'eau par les personnes et par le bétail ainsi que pour la vie aquatique. Une situation fait cependant exception. Dans une récente étude sur la qualité de l'eau menée dans des terres humides de la Saskatchewan, Donald *et al.* (1999) ont découvert que la teneur de certains composés dépasse souvent les recommandations établies pour la vie aquatique. Les chercheurs ont estimé que, pendant 3 des 6 ans de l'étude, entre 9 et 24 % des terres humides possédaient des teneurs en pesticides qui excédaient les recommandations établies pour la protection de la vie aquatique. Dans de nombreux cas, les concentrations en pesticides dépassaient les recommandations plus rigoureuses établies pour les eaux d'irrigation dans les Prairies, particulièrement dans les canaux d'irrigation, les cours d'eau et les petits lacs situés dans les zones d'agriculture intensive.

Si les dépassements des lignes directrices pour la plupart des utilisations sont assez rares, il faut noter par ailleurs que nombre de pesticides ne font l'objet d'aucun seuil de tolérance. Par conséquent, il est difficile de formuler des commentaires sur les conséquences environnementales de la présence de ces pesticides dans les eaux de surface. De plus, les recommandations actuelles tiennent compte d'un seul composant à la fois, si bien qu'on ne connaît rien sur l'incidence de la présence simultanée en faible quantité de multiples composants.



La surveillance des pesticides dans les petits bassins hydrographiques situés en zone agricole débute à peine. Ainsi, peu de commentaires peuvent être formulés sur l'évolution de la concentration de pesticides dans ces bassins. Par ailleurs, il n'est pas facile d'évaluer les tendances à long terme à partir de données

de suivi provenant de grandes rivières et cours d'eau, car les changements survenant dans les méthodes de surveillance compliquent le travail d'analyse. Enfin, l'évolution constante de l'industrie agro-chimique complique également l'évaluation des tendances à longue échéance.

Pesticides dans les eaux souterraines

On commence seulement à s'intéresser aux pratiques agricoles qui contribuent aux apports de résidus de pesticides et de produits dérivés dans les eaux souterraines. Par conséquent, peu de commentaires peuvent être formulés sur les concentrations et les tendances en ce qui a trait aux pesticides dans les eaux souterraines des Prairies.

Des études sur le lessivage des herbicides ont démontré que les produits récemment appliqués peuvent être rapidement lessivés dans les eaux souterraines peu profondes, si des pluies ou des eaux d'irrigation surviennent immédiatement après l'application (Hill *et al.*, 1995, 1997; Miller *et al.*, 1992, 1995a, 1995b; Rodvang et al., 1992). Ainsi, les eaux souterraines couvertes de sols sableux dans les zones d'irrigation sont les plus exposées à la contamination par les pesticides agricoles. Même en l'absence de fortes pluies, le lessivage se produit, bien qu'à retardement. Le potentiel de lessivage a également été observé dans les loams argileux, ce qui laisse penser que la contamination généralisée et à faible concentration des eaux souterraines peu profondes est possible lorsque des pesticides lessivables sont appliqués de manière répétée dans le même champ. Les pesticides peuvent également contaminer les eaux souterraines lors des déversements ou des fuites près des puits, ou encore par refoulement accidentel du matériel de pulvérisation vers les sources d'eau.

L'origine des conditions eutrophiques peut être naturelle ou liée à l'intervention humaine. Dans les deux cas, la qualité de l'eau peut être gravement affectée, comme cela s'est produit dans l'étang-réservoir montré ici.

Pathogènes

Selon la définition du terme, les pathogènes sont des organismes susceptibles de causer une maladie. La consommation d'eau contaminée, et dans certains cas le simple contact avec cette eau, peut menacer la santé des personnes et des animaux. En outre, certains pathogènes sont particulièrement à craindre du fait que les méthodes courantes de traitement de l'eau ne garantissent pas leur séparation. À titre d'exemple, les *cryptosporidies* résistent à la chloration. Le contrôle de ce type de pathogène a été renforcé à travers les Prairies, dans le but de mieux connaître les risques sanitaires et de trouver des moyens de réduire les contaminations.

Les pathogènes se retrouvent dans presque toutes les eaux de surface des Prairies. Leur présence est attribuable aux nombreuses sources naturelles et anthropiques, dont l'agriculture. À ce jour, on n'a pas encore établi de rapport généralisé entre l'intensité des activités agricoles et les niveaux de pathogènes dans les eaux de surface et souterraines (voir tableau 3.14), pas plus que l'on n'a observé de tendance saisonnière marquée dans les concentrations de pathogènes.

L'élevage intensif est vraisemblablement la source la plus importante de contamination pathogène des eaux de surface par les activités agricoles. Les eaux de ruissellement provenant des aires d'affouragement d'hiver et des parcs d'engraissement sont des sources de contamination, tout comme le lisier des élevages laitiers et porcins. L'accès non contrôlé du bétail aux masses d'eau de surface augmente considérablement le risque de contamination. L'épandage de fumier sur les terres agricoles peut également créer une source diffuse de contamination

pathogène. Toutefois, la probabilité de contamination grave est faible, sauf s'il pleut peu après l'épandage ou si le fumier gèle et reste gelé, contribuant ainsi au ruissellement occasionné par le dégel.

Sédiments

Les activités agricoles peuvent contribuer de plusieurs manières à accroître les apports de sédiments. Les activités de développement comme le drainage et le défrichage peuvent modifier la réaction hydrologique d'un bassin hydrographique en accélérant le ruissellement et en causant des débits accrus pendant de plus brèves durées. Les pratiques de travail du sol peuvent accroître la sensibilité du sol à l'érosion, et la présence d'animaux en grand nombre près des masses d'eau peut contribuer à la destruction de la végétation et au piétinement des berges. L'agriculture peut également influencer les effets de la sédimentation sur l'environnement en contribuant à augmenter la quantité d'éléments chimiques adsorbés par les particules de sol déplacées par l'érosion éolienne et hydrique.

De manière générale, dans les Prairies canadiennes, les apports de sédiments des terres agricoles sont préoccupants pour les masses d'eau et les canaux de drainage aménagés dans les petits bassins hydrographiques ou dans des sections de ces bassins qui s'égouttent dans un espace fermé et qui se déversent rarement à l'extérieur du bassin. Par contre, les grands cours d'eau sont peu touchés par ces apports (Environnement Canada, 1990). En se basant sur des données recueillies pendant deux ans dans

Tableau 3.14 Résultats d'analyse de qualité de l'eau pour diverses sources d'eaux de surface et souterraines en Alberta

SOURCE DE L'EAU		Nombre d'échantillons	Dépassement des recommandations (CCME 1997) Consom. humaine	Irrigation	Activités récréatives
Puits profonds		CF = 37	2 %	0 %	S.O.
Puits de surface		CF = 376	5 %	0 %	S.O.
Fosses-réservoir	Enquête-pilote	CF = 112	68 %	0 %	0 %
	Enquête nordique	CF = 80	20 %	0 %	0 %
Cours d'eau	Haut débit	CF = 32 TE = 32	94 % AR	25 % AR	9 % 38 %
	Débit moyen	CF = 25 TE = 17	100 % AR	68 % AR	44 % 82 %
	Faible débit	CF = 31 TE = 31	90 % AR	16 % AR	6 % 39 %
Canaux d'irrigation	Source d'approvisionnement	CF = 91	96 %	14 %	8 %
	Rejet	CF = 407 E Coli = 159	95 % AR	33 % AR	18 % 27 %

Source : CAESA (1998)
Nota : CF – coliformes fécaux; TE - total entérocoques; E. coli – Escherichia coli; A/R – Aucune recommandation; S.O. – Sans objet

pathogène. Toutefois, la probabilité de contamination grave est faible, sauf s'il pleut peu après l'épandage ou si le fumier gèle et reste gelé, contribuant ainsi au ruissellement occasionné par le dégel.

Sédiments

Les activités agricoles peuvent contribuer de plusieurs manières à accroître les apports de sédiments. Les activités de développement comme le drainage et le défrichage peuvent modifier la réaction hydrologique d'un bassin hydrographique en accélérant le ruissellement et en causant des débits accrus pendant de plus brèves durées. Les pratiques de travail du sol peuvent accroître la sensibilité du sol à l'érosion, et la présence d'animaux en grand nombre près des masses d'eau peut contribuer à la destruction de la végétation et au piétinement des berges. L'agriculture peut également influencer les effets de la sédimentation sur l'environnement en contribuant à augmenter la quantité d'éléments chimiques adsorbés par les particules de sol déplacées par l'érosion éolienne et hydrique.

De manière générale, dans les Prairies canadiennes, les apports de sédiments des terres agricoles sont préoccupants pour les masses d'eau et les canaux de drainage aménagés dans les petits bassins hydrographiques ou dans des sections de ces bassins qui s'égouttent dans un espace fermé et qui se déversent rarement à l'extérieur du bassin. Par contre, les grands cours d'eau sont peu touchés par ces apports (Environnement Canada, 1990). En se basant sur des données recueillies pendant deux ans dans

Tableau 3.14 Résultats d'analyse de qualité de l'eau pour diverses sources d'eaux de surface et souterraines en Alberta

SOURCE DE L'EAU		Nombre d'échantillons	Dépassement des recommandations (CCME 1987) Consom. humaine	Irrigation	Activités récréatives
Puits profonds		CF = 37	2 %	0 %	S.O.
Puits de surface		CF = 376	5 %	0 %	S.O.
Fosses-réservoir		CF = 112	88 %	0 %	0 %
		CF = 89	20 %	0 %	0 %
Cours d'eau		CF = 32 TE = 32	94 % AR	25 % AR	9 % 38 %
		CF = 35 TE = 17	100 % AR	66 % AR	44 % 82 %
		CF = 31 TE = 31	90 % AR	16 % AR	6 % 39 %
Canaux d'irrigation		CF = 91	96 %	14 %	6 %
	Rejet	CF = 407 E Coli = 159	95 % AR	33 % AR	18 % 27 %

Source : CAESA (1992)
Note : CF = coliformes fécaux; TE = bâtonnets entériques; E. coli = Escherichia coli; A/R = Aucune recommandation; S.O. = Sans objet

un petit bassin hydrographique agricole du centre-sud de l'Alberta, des chercheurs ont conclu que les eaux de ruissellement provenant des aires d'affouragement d'hiver situées près des cours d'eau peuvent contenir des solides en suspension en quantité suffisamment importante pour accroître la concentration et la masse des apports dans les masses d'eau. Toutefois, les contributions relatives de l'érosion du sol et du fumier à l'accroissement des solides en suspension n'ont pas été déterminées (Anderson *et al.*, 1998a). De plus, les ruissellements de surface et d'entrée dans les cours d'eau ont d'habitude une plus grande influence sur le potentiel d'apport de sédiments que l'intensité des activités agricoles. Il y a donc lieu de penser que l'érosion hydrique constitue un moindre problème pour les cours d'eau situés dans les zones agricoles où la quantité d'eau de ruissellement est faible.

La principale incidence des apports de sédiment dans les masses d'eau est l'accroissement de la turbidité, qui tend habituellement à nuire aux poissons et à leur habitat. Actuellement, cette incidence ne semble pas être significative dans les rivières et les cours d'eau. L'ampleur des apports de sédiments dans les petits bassins hydrographiques des Prairies n'a pas été étudiée, et on comprend mal la mesure dans laquelle les activités agricoles ont causé ou aggravé les conditions à cet égard.

Température

Le réchauffement de l'eau peut avoir une incidence non négligeable sur la disponibilité de l'oxygène utilisé par les organismes aquatiques. Avec l'accroissement de la température, de nombreux composants chimiques deviennent plus solubles. Les températures accrues peuvent en outre influencer l'incidence des polluants sur la vie aquatique. Les organismes aquatiques évoluent à l'intérieur de limites minimales et maximales de température qui leur permettent d'atteindre une croissance optimale et qui favorisent le frai, l'incubation des œufs et les migrations. Ces limites varient selon les espèces. Tout changement dans le régime de température peut donc modifier la répartition et la composition des écosystèmes aquatiques.

Les activités qui réduisent la végétation des berges, qu'il s'agisse du travail du sol ou du pâturage intensif jusqu'au bord d'une masse d'eau, peuvent faire augmenter la température des cours d'eau. Les activités agricoles qui causent l'apport de sédiments dans les masses d'eau peuvent également contribuer indirectement à une hausse de la température en faisant baisser le niveau de l'eau ou en favorisant l'absorption de chaleur due à la radiation solaire. L'irrigation, par exemple, contribue au réchauffement de l'eau de deux manières. Lorsqu'on puise une importante quantité d'eau à même une masse d'eau, celle-ci risque de perdre un important volume ou débit, ce qui fait baisser le niveau d'eau et augmenter la température. Ensuite, les retours d'eau des champs irrigués peuvent absorber la chaleur du sol et ainsi réchauffer la masse d'eau où ils sont restitués.

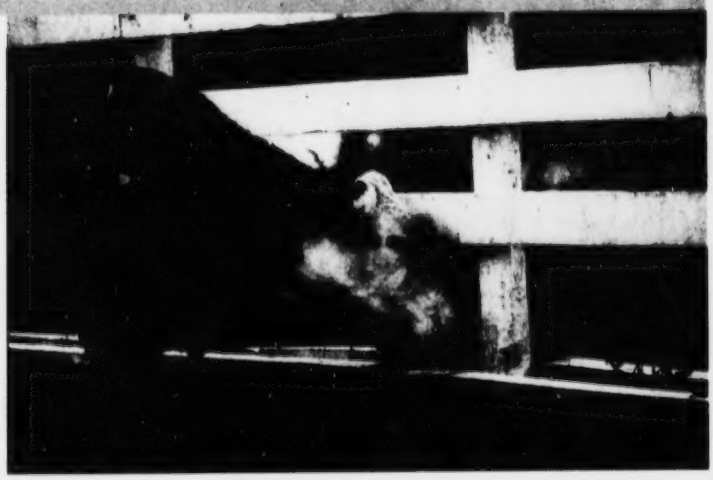
Finalement, les structures de contrôle de l'eau aménagées dans les rivières et les petits cours d'eau peuvent également modifier fortement la température de l'eau. Dans les Prairies, les régimes de température des lacs, des rivières et des petits cours d'eau varient considérablement, généralement selon les conditions climatiques. Le temps de réaction est fonction du rapport entre la surface de la masse d'eau et son volume. Sauf dans le cas des barrages construits sur les grands cours d'eau, il n'existe pas beaucoup de données scientifiques concernant l'incidence des activités humaines ou agricoles sur la température de l'eau.

Oxygène dissous

La principale préoccupation dans le cas de l'oxygène dissous (OD) est son incidence sur la vie aquatique. Les organismes aérobies ne peuvent survivre lorsque les conditions font chuter la teneur en OD en deçà d'un certain niveau. Ce niveau varie selon le type d'organisme. Bien qu'on ne puisse se limiter à une seule valeur pour tous les organismes, les études ont montré qu'une concentration en OD inférieure à 7,27 mg/litre provoque des effets néfastes sur différentes populations de poisson d'eau douce, notamment les salmonidés. Il a en outre été prouvé que les concentrations d'oxygène dissous inférieures à 5,63 mg/litre ont des effets néfastes sur les populations de poisson d'eau douce autres que les salmonidés (Davis, 1975).

Toute activité agricole qui contribue à accroître les teneurs en matière organique et inorganique dans l'eau (engrais de synthèse, fumier et autres déchets et sédiments) ou qui contribue à accroître la température de l'eau (irrigation, perte de couvert végétal ou changement morphologique causé par la sédimentation) peut faire décroître indirectement les niveaux d'OD dans l'eau. Toutefois, on dispose de peu de données pour distinguer les effets naturels du climat des influences anthropiques sur l'OD dans les Prairies.

L'interdiction d'accès direct aux sources d'eau et l'adduction d'eau d'abreuvement à l'écart de ces sources contribuent à réduire la contamination de l'eau et à améliorer la santé du troupeau.



Sels

Les sels provenant de sources naturelles ou des activités humaines peuvent être emportés dans les eaux de surface et souterraines sous l'effet de la pluie, de l'irrigation, du lessivage et du ruissellement. Les sources principales de sels sont les rejets d'irrigation, la décomposition du sol et des minéraux, les engrais, les résidus de récolte et le fumier. Lorsque les eaux d'alimentation contiennent d'assez fortes teneurs salines, les sels peuvent devenir concentrés près de la surface de sol, où ils peuvent nuire à la qualité de la terre et à la croissance des plantes. Les fortes concentrations de sels peuvent également nuire aux animaux qui consomment les plantes ou l'eau.

En général, la salinisation des eaux superficielles ne semble pas constituer une difficulté importante dans les Prairies, bien que les données scientifiques soient restreintes à ce sujet. Dans une étude des données historiques sur la qualité de l'eau (1977-1996) de six zones d'irrigation en Alberta, Cross (1997) a constaté que la qualité de l'eau d'alimentation répondait aux lignes directrices relatives à l'irrigation en ce qui concerne la conductibilité et le rapport d'adsorption du sodium (RAS) 100 % et 99 % du temps, respectivement. Les lignes directrices portant sur la conductivité et le RAS ont été respectées 93 % et 96 % du temps dans les rejets, respectivement. Bien qu'une certaine augmentation de la salinité se produise entre l'eau d'alimentation et l'eau de rejet, lorsque l'eau rejoint la rivière, la dilution fait en sorte que les concentrations de salinité redescendent au-dessous des seuils de tolérance. Harker (1983) en est venu à une conclusion semblable sur les effets de dilution d'effluents salins à la sortie d'un réseau de drainage souterrain.

Bien que les niveaux de salinité des eaux de surface dans les prairies semblent bas, ils niveaux sont parfois beaucoup plus élevés dans les eaux souterraines. Les taux élevés de solides dissous dans les eaux souterraines sont communs et proviennent souvent de sources naturelles, comme le lessivage des minéraux. Cependant, quelques études ont démontré que les augmentations de la conductivité des eaux souterraines avec le temps sont attribuables au lessivage de l'eau d'irrigation (Miller *et al.* 1992). Bien que ces études indiquent la possibilité de lessivage d'importantes quantités de sels dans les eaux souterraines, il n'existe pas de données pour confirmer que ce type de lessivage est un problème généralisé dans les zones irriguées des prairies.

Métaux lourds

Les métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel, zinc, sélénium) seuls ou en combinaison avec les produits agro-chimiques, peuvent avoir toutes sortes d'effets sur l'utilisation de l'eau. À certaines concentrations, ces métaux peuvent s'avérer toxiques pour les personnes, les animaux, les plantes et la vie aquatique.

Les sources agricoles de métaux lourds incluent les engrais, les pesticides, le fumier et l'eau d'irrigation. Les métaux lourds proviennent de sources naturelles et de sources anthropiques telles que les industries électronique et pharmaceutique.

Il existe peu d'information sur les concentrations en métaux lourds dans les petits cours d'eau des Prairies. Les données sur les concentrations dans les eaux de surface se limitent pour la plupart aux principaux axes fluviaux. Ces données laissent penser que les concentrations en métaux lourds sont généralement comparables aux niveaux naturels (Green et Beck, 1995). Toutefois, le mercure ferait peut-être exception, puisque les concentrations de ce métal semblent être relativement élevées. Il est difficile de déterminer si ces concentrations en mercure sont naturelles ou si elles découlent des activités humaines.

Les données de référence sur les rejets d'eau d'irrigation dans le sud de l'Alberta laissent penser que les concentrations en métaux lourds augmentent à mesure que l'eau se déplace dans une zone d'irrigation. Les lignes directrices ont souvent été excédées dans le cas du cuivre, de l'aluminium et du chrome, puis du fer, du manganèse et du zinc. Il n'y avait aucun dépassement des lignes directrices pour le nickel, le sélénium et l'arsenic, et seulement quelques-uns pour le plomb (Cross, 1997). Aucune tendance dans les concentrations ne ressortait des données.

Dans les eaux souterraines, la présence de métaux lourds est relativement courante, bien que les concentrations varient, de même que les sources. Dans un examen de 813 puits de ferme, Fitzgerald *et al.* (1997) ont constaté les dépassements suivants par rapport aux lignes directrices d'eau potable : arsenic, 2,5 %, baryum, 1 %, chrome, 0,2 %, plomb, 1,6 %, sélénium, 3,4 %, et uranium, 0,3 %. Bien que les auteurs de cette étude se soient demandé si certaines des concentrations élevées des éléments détectés pourraient être attribuables à l'activité humaine (plomb, zinc, chrome et aluminium), ils ont estimé que la majorité de ces concentrations étaient dues aux conditions géologiques naturelles.

Conclusion

Dans certaines parties des Prairies, les activités agricoles ont eu des effets localisés significatifs sur la qualité de l'eau, comme le montrent les dépassements des lignes directrices. Cependant, aucune évaluation n'a essentiellement été menée au sujet des incidences écologiques et sanitaires de l'agriculture sur la qualité de l'eau à travers les Prairies canadiennes. De telles évaluations sont nécessaires pour mieux apprécier l'ampleur de l'incidence de l'agriculture sur la qualité de l'eau aussi bien que pour comprendre les avantages d'adopter des pratiques en matière d'utilisation des terres qui réduisent au minimum les risques menaçant la qualité de l'eau.

Si la signification globale de l'incidence de l'agriculture sur la qualité de l'eau à travers les Prairies n'est pas parfaitement comprise, il est généralement admis que plus le niveau d'intensité de l'agriculture dans une zone est élevé, plus la qualité des eaux souterraines et de surface est à risque. Il s'agit d'un point important, compte tenu des intentions concernant l'expansion et l'intensification de la production agricole à travers les Prairies.

Les zones riveraines

Les zones riveraines sont les *bandes de végétation luxuriante* que l'on peut observer le long des rivières et des ruisseaux et autour des lacs et des marais. Ces zones sont un important élément du paysage, produit de l'interaction entre l'eau, le sol et la végétation (Adams et Fitch, 1998). La définition au sens large des zones riveraines inclut le sens de terres humides, lesquelles comprennent à la fois les terres humides lénitiques (eau stagnante) et lotiques (eau vive). Les fonctions de ces deux types se chevauchent à bien des égards, cependant, quelques fonctions sont indépendantes l'une de l'autre.

Les terres humides lénitiques se présentent sous forme de bassins permanents ou intermittents caractérisés par des chenaux et des plaines d'inondation mal définis. Elles peuvent inclure des lacs, des réservoirs, des marais, des fens et des eaux d'infiltration. Les fonctions assumées par ces terres humides incluent la rétention des sédiments, le maintien des berges, le stockage de l'eau, l'alimentation de l'aquifère et la dissipation de l'énergie des vagues (Riparian Wetland Research Program, 1999).

Les masses d'eau lotiques telles que les ruisseaux, les rivières et les petits cours d'eau coulent périodiquement ou continuellement dans un chenal délimité et situé dans une plaine d'inondation. Les fonctions des systèmes lotiques incluent la dissipation de l'énergie de l'eau, l'alimentation de la nappe phréatique, la rétention et le transport des sédiments, la filtration de l'eau et l'accumulation d'eau.

Dans leur rapport intitulé *Classification and Management of Montana's Riparian and Wetland Sites*, Hansen *et al.* (1995) ont identifié, pour les terres humides tant lénitiques que lotiques, les trois composantes suivantes :

- l'hydrologie des terres humides
- les sols hydriques
- les hydrophytes

Les zones riveraines ont de nombreuses fonctions, et leur état de santé est important pour un certain nombre de processus écologiques. Bien que les zones riveraines occupent moins de 5 % des terres, elles hébergent la plupart des espèces fauniques et constituent une source et un refuge importants pour la diversité biologique.

Au point de vue écologique, les zones riveraines doivent exécuter au moins six fonctions de base. Le National Resource Conservation Service (1999) décrit ces fonctions comme suit :

- habitat – la structure spatiale de l'environnement qui permet aux espèces d'exister, de se reproduire, de se nourrir et de se déplacer
- obstacle – la rétention des matériaux, de l'énergie et des organismes
- conduit – la capacité de transporter des matériaux, de l'énergie et des organismes
- filtre – l'admission sélective des matériaux, de l'énergie et des organismes
- source - un milieu où les quantités de matériaux, d'énergie et d'organismes sont plus élevées à la sortie qu'à l'entrée
- puits - un milieu où les quantités de matériaux, d'énergie et d'organismes sont plus élevées à l'entrée qu'à la sortie

Dans les milieux riverains, ces fonctions prennent la forme de propriétés spécifiques telles que le filtrage des sédiments, la consolidation des berges, le stockage de l'eau, l'alimentation de l'aquifère, l'habitat de poissons et d'espèces fauniques et la dissipation de l'énergie du cours d'eau (Hansen *et al.*, 1995).

Évaluer les fonctions des terres riveraines

La fonction écologique n'est pas toujours facile à évaluer sur le terrain. Par conséquent, un certain nombre de méthodes d'évaluation ont été développées pour mesurer la quantité et la qualité de la fonction et de la santé des espaces riverains. Ces évaluations ont été développées en réponse aux besoins de gestion des terres publiques ou de la Couronne, principalement aux États-Unis. La plupart des méthodes d'évaluation portent sur l'hydrologie, la végétation et les sols d'un espace riverain, l'objectif étant d'établir une évaluation finale de la santé ou du fonctionnement écologique de cet espace.

Le *Bureau of Land Management* (BLM) du ministère de l'Agriculture des États-Unis a mis au point un système permettant d'évaluer la fonctionnalité des zones riveraines et des terres humides (ministère de l'Agriculture des États-Unis - BLM, 1998). Le processus d'évaluation de l'état de fonctionnement repose sur les éléments suivants :

Aspects hydrologiques

- plaine d'inondation submergée de manière assez régulière (intervalle de 1 à 3 ans)
- barrages de castor occupés ou stables
- sinuosité, rapport largeur-profondeur et déclivité en harmonie avec les caractéristiques du terrain

Écosystèmes dynamiques et linéaires, les zones riveraines occupent moins de 5 % du paysage.

Les zones riveraines contribuent à la biodiversité, interceptent les sédiments et améliorent la qualité des eaux.

(relief, géologie et région bioclimatique)
- zone riveraine en expansion
- aucune influence néfaste du bassin hydrographique d'amont sur la zone riveraine.

Végétation
- diversité de la végétation selon l'âge
- diversité de la végétation selon les espèces
- présence d'espèces indiquant le maintien des caractéristiques d'humidité du sol des zones riveraines
- végétation des berges composée de plantes ou de communautés végétales caractérisées par une masse racinaire capable de résister aux situations de fort débit
- présence de plantes riveraines particulièrement vigoureuses
- présence d'un couvert végétal suffisant pour protéger les berges et dissiper l'énergie lors des situations de courant fort
- communautés végétales constituant une importante source de débris ligneux de taille variable.

Érosion et sédimentation
- caractéristiques de la plaine d'inondation et du chenal (présence de pierres, de débris ligneux de taille variable) concernant la dissipation de l'énergie
- repousse végétative dans les zones de sédimentation
- déplacement latéral du cours d'eau dans la continuité de sa sinuosité naturelle
- zone verticalement stable et résistante au creusement vertical
- cours d'eau en équilibre avec les apports hydriques et sédimentaires du bassin hydrographique (c.-à-d. aucune érosion ou sédimentation excessive).

Le BLM s'est fondé sur ces éléments pour classer les zones riveraines selon trois catégories: *état fonctionnel, fonctionnel - à risque et non fonctionnel.*

La catégorie *état fonctionnel* se rapporte aux zones riveraines ou aux terres humides possédant une végétation adéquate, un relief ou des débris ligneux qui leur permettent d'assurer les fonctions de base, comme la dissipation de l'énergie, le filtrage des sédiments, etc. La catégorie *fonctionnel - à risque* se rapporte à des zones dont les caractéristiques de sol, d'eau ou de végétation les rendent susceptibles à la dégradation. Enfin, la catégorie *non fonctionnel* se rapporte aux zones riveraines dont le sol, l'eau ou la végétation n'exécute pas les fonctions de base.

L'Université du Montana a développé un index d'évaluation pour les fonctions riveraines naturelles (Thompson, 1999). L'évaluation produit une estimation où la santé de la zone riveraine est décrite comme suit : « *la capacité d'un cours d'eau (y compris le chenal et sa zone riveraine) d'exécuter certaines fonctions, notamment la rétention des sédiments, la consolidation et le maintien des berges, le stockage de l'eau, l'alimentation de l'aquifère, la dissipation de l'énergie du courant, le maintien de la diversité biotique et la production primaire* » [Traduction de l'auteur].

L'évaluation porte sur les facteurs liés à la végétation, aux sols et à

Les zones riveraines endommagées peuvent être remises en bon état, souvent à l'aide de modifications mineures dans la gestion de ces espaces.

l'hydrologie des cours d'eau et permet de déterminer la santé relative ou la capacité de fonctionnement des zones riveraines. Les caractéristiques spécifiques considérées incluent :

- la surface de la plaine d'inondation et des berges couvertes par les plantes
- le pourcentage de berges pourvues d'une masse de racines profondes et liantes
- le pourcentage de la zone riveraine couverte de mauvaises herbes nuisibles
- le pourcentage du site couvert d'espèces herbacées indésirables introduites par la perturbation du terrain
- le degré d'abroutillement des arbres et des arbustes
- l'établissement et le renouvellement des espèces végétales ligneuses
- la quantité de matériau ligneux dépérissant ou mort
- le pourcentage de surface dénudée par des causes humaines
- le pourcentage de berges structurellement endommagées (modifiées) par des causes humaines
- la quantité de bosselage et de pétrissage du sol causé par les sabots des animaux
- l'encaissement du chenal (stabilité verticale).

Résumé des évaluations

Peu de travaux ont été accomplis à ce jour pour évaluer l'état de fonctionnement et de santé des zones riveraines à travers les Prairies. Vers la fin des années 80, un petit comité ad hoc composé de représentants du gouvernement fédéral, des provinces, des universités et du secteur non gouvernemental impliqués dans la gestion de faune, les pâturages et la planification écologique, a eu pour tâche de se pencher sur les difficultés liées à la gestion des zones riveraines. La publication résultante, *Riparian Areas: An Undervalued Saskatchewan Resource*, est parue en 1992 grâce à la collaboration d'un certain nombre d'agences concernées et au financement fourni par l'Entente Canada-Saskatchewan pour un environnement durable en agriculture. Il s'agissait du premier guide d'information en Saskatchewan à attirer l'attention sur les questions liées aux terres riveraines.

L'entrée en vigueur, en 1993, de l'Entente Canada-Saskatchewan sur le plan vert en agriculture a permis d'intégrer des projets de gestion des zones riveraines aux plans de travail locaux et régionaux. La première démonstration étendue de gestion des zones riveraines a été entreprise par la Division des ressources des Prairies de l'ARAP. Cinq sites ont été choisis, dont trois chez des producteurs privés, un dans une coopérative provinciale de pâturage et le cinquième dans un pâturage communautaire de l'ARAP. Un plan complet de gestion des pâturages a été développé pour chaque élevage de bétail.

Sur l'exploitation de Jackson près de Cabri, en Saskatchewan, un des sites privés actuellement suivis par la Saskatchewan Wetlands Conservation Corporation (SWCC), on a observé une amélioration des conditions dans les zones riveraines et les terres cultivées. Les berges sont plus vertes et moins perturbées par le piétinement du bétail. Ce site a également connu une augmentation de la végétation à enracinement profond, ainsi qu'un regain de croissance de saules et

d'autres arbustes riverains de toutes classes d'âge. La mise en œuvre d'un plan de gestion de pâturage a également mené à des améliorations dans la distribution ainsi que dans l'état des parcours dans les hautes terres.

En 1996, la SWCC a dressé l'inventaire des zones riveraines dans 16 bassins hydrographiques. Cinq cent soixante-quinze sites choisis au hasard ont été évalués pour déterminer la composition et la densité des espèces végétales, les caractéristiques du chenal, la stabilité des berges, la qualité de l'eau ainsi que l'utilisation des hautes terres et son incidence sur la zone riveraine (Harrison et Lynn, 1996).

Les résultats de cet inventaire ont prouvé que deux espèces introduites, le brome inerme *(Bromus inermis)* et le pâturin du Kentucky *(Poa pratensis)* étaient les espèces dominantes. Les espèces de grands arbustes comme le saule *(Salix sp.)* et le cornouiller *(Cornus sp.)*, qui sont d'importants indicateurs du bon fonctionnement des zones riveraines, étaient dominantes dans moins de 5 % des sites. Dans 64 % des sites, moins de 10 % de la zone riveraine comportait du sol dénudé (indice de très bonne condition). Le pourcentage moyen des sols dénudés représentait 8 % de la zone riveraine dans l'ensemble, et 14 % pour les berges. Seulement 17 % des sites comportaient des berges effondrées et des bosses causées par le passage du bétail. Dix pour cent des sites pâturés comportaient une quantité de déjections animales jugée significative (présence recensée dans plus de 25 % de la zone riveraine). L'endommagement ou la modification des zones riveraines à cause de la culture n'ont été observés qu'à 13 % des sites, tandis qu'un niveau notable d'apport dans le cours d'eau de sédiments provenant des terres cultivées voisines de la zone riveraine a été observé à 20 % des sites. Il a en outre été observé que l'ensemencement direct des terres cultivées qui longent les zones riveraines était pratiqué à seulement 1 % des sites. (Harrison et Lynn, 1996).

En comparaison, les États-Unis ont mené beaucoup de recherches pour évaluer, suivre et gérer les zones riveraines. Les cotes de santé des terres riveraines sont basées sur 2 594 évaluations de tronçons de cours d'eau menées au Montana et en Idaho à l'aide de la grille d'évaluation de l'état de fonctionnement élaborée dans le cadre du *Riparian and Wetland Program* (voir figure 3.12). Trente pour cent des zones riveraines du Montana et 37 % de celles de l'Idaho ont été classées dans la catégorie *non-fonctionnel*. Dans la catégorie *fonctionnel - à risque*, la part s'élevait à 45 % des terres riveraines au Montana et à 48 % dans l'Idaho. Dans la catégorie *état fonctionnel*, la part s'élevait 25 % au Montana et à 15 % dans l'Idaho.

La SWCC a entrepris des travaux dans le cadre de programmes conçus pour sensibiliser davantage les producteurs à la gestion des zones riveraines. Le *Prairie Shore Program*, qui est financé grâce au Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, a permis de commencer à intégrer des techniques appropriées de pâturage aux plans de gestion généraux des zones riveraines dans d'importantes sections des terres provinciales de la Couronne qui longent les lacs Quill. Au départ, le programme était destiné à procurer un habitat au pluvier sifflant *(Charadrius melodus)*, une espèce menacée au Canada, mais a depuis lors été élargi pour améliorer l'écosystème des zones riveraines de façon plus intégrée. En 1998, le financement de l'Entente Canada-Saskatchewan sur l'adaptation du secteur agroalimentaire et Éco-Action 2000 ont permis à la SWCC de lancer son programme *Streambank Stewardship Program*. Le programme en question prévoyait la publication d'un guide à l'intention des propriétaires fonciers et plusieurs fiches documentaires; cette documentation est destinée à fournir aux propriétaires de l'information et de l'aide sur la gestion et l'intendance des zones riveraines.

La SWCC et l'organisation *Partners for the Saskatchewan River Basin* ont élaboré un programme de contrôle bénévole. Le programme fonctionne avec l'appui de 13 organismes bénévoles dans tout le bassin hydrographique de la rivière Saskatchewan et permet de suivre l'état des zones riveraines, les paramètres de qualité de l'eau et les espèces et populations de macro-invertébrés dans des sites choisis.

En Alberta, toutes les évaluations et activités touchant les zones riveraines ont été effectuées dans le cadre du programme *Alberta Riparian Habitat Management*, qui relève du programme *Cows and Fish*. Ce programme a été lancé en 1992 au titre d'un partenariat entre des associations de producteurs, des groupes de protection de l'environnement et des organismes gouvernementaux fédéraux et provinciaux. Les associés travaillent en collaboration avec les propriétaires de ranch pour améliorer la gestion du pâturage au profit du bétail, des poissons et de la faune. L'association fondatrice regroupe la Commission de l'élevage bovin

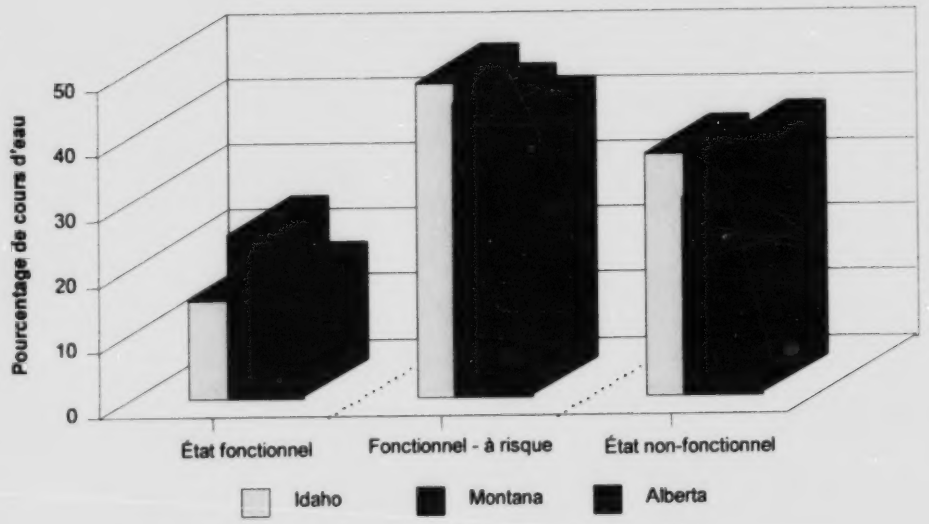
de l'Alberta, la *Canadian Cattlemen's Association, Trout Unlimited,* l'*Alberta Agriculture, Food and Rural Development (Public Lands),* l'*Alberta Environmental Protection (Fish and Wildlife),* l'Administration du rétablissement agricole des Prairies et le ministère de la Pêche et des Océans. Le programme a suscité beaucoup d'intérêt et a attiré l'attention sur les questions riveraines dans l'ensemble de la province.

Les travaux menés dans les Prairies jusqu'ici ont été basés sur le modèle d'évaluation de santé des terres riveraines mis au point à l'Université du Montana. En Alberta, l'état des zones riveraines a été évalué dans 140 tronçons de cours d'eau. Une bonne part, sinon la totalité de ce travail, a été terminée dans la partie sud-ouest de la province. La figure 3.12 présente le classement de l'état de certaines zones riveraines en Alberta, comparativement à certains cours d'eau du Montana et de l'Idaho. Quelque 39 % des tronçons de cours d'eau évalués en Alberta entraient dans la catégorie *non-fonctionnel.* La catégorie *fonctionnel - à risque* visait 43 % des cours d'eau, alors que 18 % des tronçons de cours d'eau entraient dans la catégorie *état fonctionnel.*

Dans le cadre de son programme de recherche sur les terres riveraines et humides, l'Université du Montana entreprend actuellement en Alberta et en Saskatchewan une étude de deux ans qui visera à classifier les communautés végétales et à cerner des recommandations pour la gestion des zones riveraines dans l'écozone des Prairies de ces deux provinces (Godfrey *et al.,* en cours d'impression). La méthode d'évaluation est identique à celle utilisée pour les zones riveraines du Montana (Hansen *et al.,* 1995) et son usage est également envisagé dans plusieurs États des Grandes plaines et des Rocheuses.

Au Manitoba, les premiers projets de démonstration en zone riveraine ont été lancés dans les années 90, dans le cadre de l'Entente Canada-Manitoba sur le développement durable de l'agriculture. Les techniques d'amélioration des zones riveraines proposées aux agriculteurs comprenaient l'aménagement de clôtures autour de ces zones, l'adduction d'eau d'abreuvement à l'écart des cours d'eau et l'ensemencement de bandes végétatives tampon.

Au milieu des années 90, la Société protectrice du patrimoine écologique du Manitoba a mis en œuvre son programme Green Banks avec plusieurs autres partenaires de financement (le *Manitoba Sustainable Development Innovations Fund,* la Commission



Source : Fitch (1999); Thompson (1999)

Figure 3.12 L'état de certains cours d'eau du Montana, de l'Idaho et de l'Alberta.

des services d'approvisionnement en eau du Manitoba, la *Manitoba Cattle Producers Association*, les districts de conservation de la province, *TransCanada PipeLines* et plusieurs groupes locaux de producteurs). Ce programme visait en priorité à faire des démonstrations de pratiques de pâturage et à fournir du support technique et de l'aide à frais partagés pour améliorer la gestion des zones riveraines.

Le ministère des Ressources naturelles du Manitoba (désormais appelé Conservation Manitoba) a terminé l'évaluation systématique de plusieurs bassins hydrographiques, y compris celui de la rivière Souris, de la Little Saskatchewan, de la Upper Whitemud et celui du lac Dauphin (Sopuck, 1999). Dans le cadre d'une initiative d'amélioration de la pêche gérée par le service des pêches du gouvernement du Manitoba, un certain nombre de projets et de démonstrations touchant les zones riveraines ont été entrepris dans plusieurs bassins hydrographiques de cette province. Les activités d'amélioration comprennent la pose de clôtures autour des zones riveraines, l'aménagement de points d'abreuvement à l'écart des cours d'eau, le déménagement des corrals et l'amélioration de l'habitat des poissons dans les cours d'eau (Sopuck, 1999).

Incidence des méthodes de gestion

Régimes de culture annuelle

Les civilisations anciennes ont commencé à pratiquer l'agriculture il y a plusieurs milliers d'années dans les plaines inondables situées le long de bon nombre des systèmes fluviaux du monde. À mesure que les activités agricoles s'intensifiaient, les effets subis par les zones riveraines et les rivières devenaient plus évidents, notamment à cause de l'accroissement de l'érosion du sol, de la sédimentation et de la contamination des masses d'eau par des polluants tels que les éléments nutritifs et les pesticides. Afin d'atténuer les conséquences négatives de la culture annuelle près des fleuves, il a fallu trouver de nouvelles méthodes de gestion.

Les bandes tampons (aussi appelées bandes végétatives de filtration, bandes enherbées, plantations riveraines, forêts riveraines ou zones tampons) se sont avérées être une méthode efficace de contrôle des ruissellements d'origine agricole. Elles sont importantes pour l'eau, tant au point de vue qualitatif que quantitatif, la stabilité des berges ainsi que l'habitat et la biodiversité des poissons et de la faune. La fonction de ces bandes tampons est d'assurer une protection localisée contre l'érosion et de filtrer les éléments nutritifs, les sédiments et d'autres polluants agricoles entraînés par le ruissellement. Les bandes tampons s'avèrent également efficaces dans d'autres industries, notamment celle de l'exploitation forestière, de l'exploitation de mines à ciel ouvert, ainsi que pour recueillir les ruissellements provenant des élevages intensifs (Helps-Lammers *et al.*, 1991).

Les bandes tampons ne sont pas censées être le seul moyen de lutte contre l'érosion du sol. Leur efficacité s'accroît lorsqu'on y implante de multiples espèces de plantes herbacées, d'arbustes et d'arbres. Les bandes tampons composées de multiples espèces offrent une protection plus complète des berges et permettent de maintenir la qualité de l'eau.

L'efficacité des bandes tampons a été démontrée aux États-Unis (*National Resource Conservation Service*, 1999), où on a constaté que les bandes bien conçues et entretenues offrent le potentiel d'enlever :

- 50 % et plus d'éléments nutritifs et pesticides
- 60 % et plus de certains microbes pathogènes
- 75 % et plus de sédiments.

La largeur recommandée des bandes tampons est fortement variable et dictée par le site. La largeur dépend de facteurs tels que la pente, la texture du sol qui surplombe la pente, l'érosivité du sol et le type de végétation de la bande (Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada, 1995). L'axiome « *le plus large, le mieux* », est couramment employé dans les revues et appliqué par les gestionnaires des terres. Cependant, la largeur d'empiétement sur la parcelle longeant le cours d'eau varie selon que la priorité est accordée à la protection de la qualité de l'eau et la stabilisation des berges ou, au contraire, à la rentabilisation de la parcelle au moyen des cultures annuelles.

Pâturage

Dans les grandes exploitations de parcours, le pâturage des zones riveraines remonte à l'époque de la colonisation des Prairies. L'eau requise pour abreuver le bétail était une ressource limitée, et les propriétaires de ranch n'étaient pas disposés à empêcher les animaux d'accéder aux zones riveraines. Malheureusement, le bétail tend à se rassembler dans les zones riveraines et les terres humides et à brouter le fourrage à excès, délaissant plutôt les hautes terres voisines (Kauffman et Krueger, 1984). Des recherches

considérables ont été menées sur les zones riveraines de l'Ouest des États-Unis; par contre, très peu d'études ont été publiées sur la gestion du pâturage en zone riveraine dans l'Ouest canadien. Pour cette raison, on se sert des résultats cités dans les Grandes plaines ou dans la région montagneuse des É.-U.

La gestion du pâturage dans les zones riveraines est une opération complexe pour laquelle il n'existe pas de solution simple. Chaque situation devrait être considérée en fonction des conditions particulières du terrain (Platts, 1990). Toute réflexion sur le pâturage doit tenir compte d'un certain nombre de principes qui influent sur la qualité et le rôle des zones riveraines, notamment le moment et la fréquence de la paissance et la densité et la répartition des animaux.

Dans l'écosystème des Prairies, il n'existe pas de moment idéal pour pâturer les zones riveraines. Il y a des avantages et des inconvénients au pâturage à n'importe quel moment de l'année. La faculté d'un cours d'eau particulier de résister aux effets du pâturage dépend de l'état de la zone riveraine et de sa capacité de fonctionner et dépend également des objectifs du plan global de gestion de l'emplacement.

Les deux périodes les plus critiques sont tard au printemps, quand les sols regorgent d'eau à cause de l'humidité excessive des berges, et tard à l'automne, lorsque les arbustes sont le plus vulnérables aux dégâts causés par le pâturage. Au Montana, les plus graves dégâts infligés aux berges surviennent de fin juin à début juillet, moment où la consommation par le bétail est à son point le plus faible mais où l'humidité du sol est à son plus

haut (Marlow, 1985). Puis, tard en automne, le bétail a tendance à préférer brouter les arbustes des zones riveraines que les graminées et les autres plantes herbacées, en raison de la perte de valeur nutritive et d'appétence de ces plantes. Or, les arbustes tels que les saules sont indispensables au bon fonctionnement des berges, et leur nombre peut être réduit sensiblement par le bétail, qui piétine et déracine les jeunes plantes (Clary et Webster, 1989; Kovalchik et Elmore, 1992).

La végétation des terres riveraines peut réagir positivement ou négativement aux influences exercées par le pâturage. La défoliation enlève la dominance apicale de la plante et contribue à un couvert végétal plus dense et luxuriant. La défoliation force également la plante à puiser dans ses réserves organiques pour émettre de nouvelles feuilles et régénérer ses racines. Cela se produit seulement s'il y a suffisamment d'humidité dans le sol pour stimuler la croissance. Au printemps, le potentiel de présence d'humidité dans le sol est élevé, mais après la mi-juillet, les espèces riveraines se régénèrent habituellement de manière minimale (Sheeter et Svjecar, 1997).

L'intensité du pâturage peut affecter tout un éventail de fonctions propres aux zones riveraines, bien que les conclusions des études américaines ne soient pas unanimes sur le fait que les effets sont tous néfastes. Deux études menées au même emplacement ont produit des résultats contradictoires. La première a mis en évidence des concentrations plus élevées en ammoniac, en nitrate, en phosphore soluble et total, en chlorure et en carbone organique total ainsi qu'une demande accrue en oxygène dans l'eau de ruissellement déversée dans le cours d'eau après un pâturage. (Schepers et Francis, 1982). Au même site, la qualité au point de vue chimique de l'eau de ruissellement provenant du pâturage occupé par le bétail était en fait meilleure que celle d'un pâturage

non occupé, d'un champ en culture annuellr ou d'une zone urbaine (Doran *et al.*, 1981). Le bétail contribue également de manière significative à la présence de coliformes fécaux dans l'eau de ruissellement et dans les ruisseaux. Des indices de coliformes fécaux ont été directement reliés à la présence du bétail sur les zones riveraines soumises à une intensité de pâturage de moyenne à forte (Stephenson et Street, 1978). Les éléments nutritifs contenus dans l'urine et les déjections solides du bétail sont plus facilement emportés par l'eau de ruissellement de surface lorsque l'humidité du sol est élevée ou quand les sols sont gelés (Heathman *et al.*, 1985).

La répartition du bétail et la capacité de contrôler la durée à la fois de pâturage et de repos des animaux sont d'autres importantes considérations pour la bonne gestion des terres riveraines. Les zones riveraines n'occupent qu'une petite portion de la superficie totale d'un pâturage, habituellement moins de 5 %. Cependant, ces zones peuvent produire jusqu'à 20 % du fourrage et compter pour 80 % de l'utilisation totale du terrain (Kauffmann et Krueger, 1984). Une étude sur le comportement du bétail a démontré que les animaux pâturent les terres riveraines de 12 à 20 fois plus que d'autres zones de pâturage pendant le premier tiers de la saison de paissance (Bryant, 1979).

Si la suppression de la végétation est une source de préoccupation, elle ne constitue pas le seul inconvénient du pâturage des zones riveraines. Il faut aussi tenir compte du tassement du sol, du piétinement des berges et de la détérioration de la qualité de l'eau causée par l'apport de déjections animales dans le bassin hydrographique (Ehrhart et Hansen, 1997).

Les deux moyens les plus utilisés par les producteurs pour changer les pratiques de pâturage des terres riveraines sont le morcellement des pâturages en plus petites parcelles et l'aménagement d'abreuvoirs à l'écart des cours d'eau. Parmi ces moyens, l'éloignement des points d'eau est peut-être le plus important et le plus utile pour la protection des berges et la préservation des zones riveraines. Des données non scientifiques indiquent que le bétail choisit plutôt l'eau d'un abreuvoir que celle d'un étang-réservoir s'il est obligé de marcher dans l'étang-réservoir pour s'abreuver.

D'autres moyens existent pour améliorer la répartition du bétail dans le but de minimiser les effets sur les zones riveraines, notamment les suivants :

- aménager des points d'accès stables pour inciter le bétail à traverser les cours d'eau aux emplacements prévus
- disposer les blocs de sel et de minéraux le plus loin possible des points d'eau
- déplacer les barrières d'accès à l'écart des zones riveraines, installer des clôtures de dérive ou des obstacles permettant de rompre les habitudes du troupeau
- faire appel à des cavaliers ou à des vachers pour éloigner le bétail des zones riveraines
- modifier la configuration du domaine vital du troupeau ou ne pas le laisser s'en établir un en pratiquant la rotation
- construire des clôtures permettant d'interdire l'accès, comme dernier recours, lorsque les zones riveraines sont gravement endommagées.

Autres facteurs

Dans la présente section, on a abordé deux composantes de l'utilisation des terres agricoles, à savoir les cultures annuelles et le pâturage, ainsi que leur incidence sur les zones riveraines. D'autres composantes des activités agricoles suscitent des préoccupations, notamment les élevages intensifs, les aires d'affouragement d'hiver, le drainage des terres humides et la canalisation des ruisseaux. Ces activités peuvent modifier, détruire ou réduire la capacité de fonctionnement des petits cours d'eau, des rivières, des terres humides et des bassins hydrographiques. D'autres industries et d'autres types d'utilisation extensive des terres non reliés à l'agriculture, comme l'exploitation forestière et minière, la construction de routes et l'urbanisation peuvent aussi exercer une incidence sur les terres humides et les endommager.

Les parcours et les cultures fourragères

Si les parcours et les cultures fourragères sont indéniablement importants pour la production animale, ces terres ont été reconnues plus récemment pour leur rôle essentiel vis-à-vis de l'habitat faunique, de la biodiversité, des activités récréatives, du stockage du carbone ainsi que pour leur rôle en tant que sources de matériaux génétiques et végétaux. Les parcours et les cultures fourragères vivaces couvrent de vastes zones dans une diversité de terrains, de sorte que le fourrage est une des plus importantes cultures des Prairies.

L'écozone des Prairies, qui occupe 3,7 % (46 680 799 ha) du

territoire canadien, est la partie la plus nordique des Grandes plaines du Nord. Les écozones de la plaine boréale et du bouclier boréal combinées représentent une région forestière couvrant au total 22,3 % du territoire (281 664 565 ha), ce qui en fait la plus importante écozone terrestre au Canada. Une partie des terres en prairie s'entremêlent à la zone de forêt boréale dans la région de la Rivière-de-la-Paix, en Alberta et en Colombie-Britannique. L'écozone terrestre de la Cordillère couvre approximativement 3,9 % du pays (48 989 784 ha), et s'étend de la Colombie-Britannique à la partie centrale et méridionale de l'Alberta, comme le montre la figure 3.13 (Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995).

Chaque écozone terrestre comprend un certain nombre de régions écologiques et de systèmes agronomiques. Les propriétés structurelles (composant abiotique et biotique) et fonctionnelles (transfert d'énergie et cycle des éléments nutritifs) de chaque système biologique naturel ou artificiel déterminent la santé, l'efficacité et la vulnérabilité de ce système (Heitschmidt, 1993). Citons comme exemples de ces systèmes l'écosystème des parcours (naturel), l'agro-écosystème (artificiel) et l'écosystème des terres humides (naturel ou artificiel).

Les écosystèmes de parcours naturels ont été caractérisés comme des terres fournissant du fourrage aux espèces animales domestiquées et sauvages, mais non propices à la culture commerciale ni à l'exploitation forestière en raison de contraintes édaphiques, topographiques ou géologiques (Heady, 1975). La description des parcours devrait donc inclure toute terre non cultivée située dans les principales écozones terrestres, afin qu'il soit tenu compte de leurs nombreux usages et bienfaits au-delà de l'agriculture.

Les parcours des Prairies regroupent beaucoup de différents écosystèmes naturels, la santé de chacun de ces écosystèmes étant tributaire de son intégrité fonctionnelle et structurelle. On fait souvent le rapprochement entre un niveau de diversité biologique élevé dans un écosystème de parcours naturel, d'une part, et, de l'autre, la stabilité fonctionnelle et une productivité primaire plus élevée (O'Connor, 1995; Solbrig, 1995). La gestion du pâturage des terres selon les normes minimales en ce qui concerne l'état des parcours permet aux gestionnaires des terres d'atteindre la plupart des objectifs économiques et environnementaux.

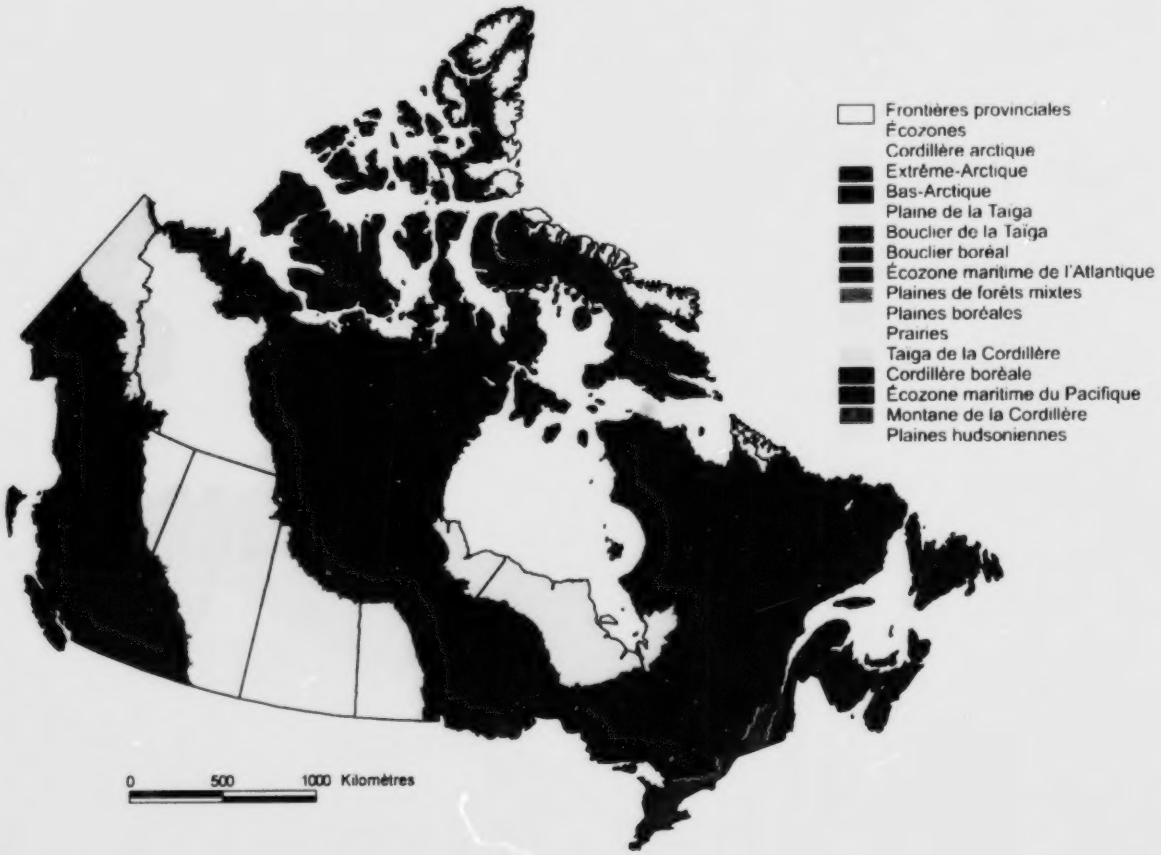
L'état du parcours est un critère qui permet de déterminer la condition courante du parcours par rapport à son potentiel naturel ou à une communauté végétale à maturité (climacique). Selon ce classement, *excellent état* signifie que plus de 75 % de la biomasse est composée de végétation originale ou climacique; *bon état*, entre 50 et 75 %, *état moyen*, entre 25 et 50 %, et *état médiocre*, moins de 25 % (Abouguendia, 1990). Quant aux pâturages cultivés, le classement se répartit comme suit : excellent état signifie que plus de 95 % de la biomasse est composée d'espèces semées, bon état, entre 75 et 94 %; état moyen, entre 51 et 74 %, et état médiocre, moins de 50 %.

Les parcours et les terres de pâturage classés en excellent état et en bon état sont occupés principalement par des plantes productives et de grande taille et souvent relativement appétentes. À mesure que l'état du parcours se détériore, les espèces moins appétentes, plus courtes et moins productives prennent le dessus. La production de biomasse est également réduite. L'état du parcours n'est pas une mesure de la variabilité d'année en année dans la production; il se rapporte plutôt directement au potentiel de rendement du champ. Il existe une corrélation directe entre le bon état d'un parcours et une production de biomasse accrue.

Situation actuelle

Aucune évaluation ni inventaire n'a été réalisé officiellement au sujet des parcours et de l'état des pâturages naturels dans les Prairies. Cependant, tous les organismes de gestion des terres publiques possèdent un inventaire des terres ou de classification des parcours, dans une forme ou l'autre. Certaines administrations se servent d'évaluations sommaires pour établir les droits ou le loyer, tandis que d'autres effectuent un inventaire détaillé de la végétation et de l'état des parcours. Dans certains cas, l'inventaire sert de base pour élaborer des plans complets de gestion des parcours, lesquels servent ensuite de guide pour les décisions en matière de gestion des terres.

L'*Alberta Public Lands* utilise un système formalisé pour accomplir le relevé des parcours de la province. Ce service a effectué le relevé de plus de 200 000 ha de terres publiques de l'Alberta depuis 1986, à l'aide des méthodes décrites par Robertson et Adams (1991) et Wroe *et al.*, (1988). Ces relevés sont souvent axés sur les terres où existent des conflits quant à l'utilisation des parcours. Un inventaire complet des parcours est requis à chaque



Source : Groupe de travail des écorégions (1989)

Figure 3.13 Écozones du Canada.

La biodiversité dépend avant tout du maintien de grands espaces couverts de végétation saine et naturelle.

renouvellement de contrat de location de terres de pâturage.

L'ARAP a effectué des inventaires biophysiques détaillés ainsi que des évaluations de l'état des parcours dans 55 de ses 87 pâturages communautaires, soit sur 560 000 ha environ. Cette information constitue le fondement des plans de gestion de parcours élaborés pour chacun de ces pâturages. L'objectif est de dresser l'inventaire des pâturages communautaires sur un cycle de dix ans, afin de suivre leur évolution et d'adapter la gestion en fonction des changements dans les conditions et les connaissances acquises.

Les autres organismes de gestion des terres publiques des Prairies utilisent des procédures moins élaborées pour effectuer l'évaluation et le relevé des parcours, bien qu'ils revoient actuellement leurs méthodes. En ce qui concerne les terres privées, il n'existe aucun système officiel pour tenir l'inventaire des parcours, et aucune évaluation n'a été réalisée à grande échelle. Les inventaires et les plans de gestion qui sont éventuellement réalisés le sont grâce à la collaboration des ministères de l'agriculture des provinces, le programme *Grazing and Pasture Technology Program* mis en œuvre en Saskatchewan, ou encore Canards Illimités Canada. Récemment, on a assisté à une augmentation du nombre de plans de gestion des parcours élaborés par les producteurs les plus innovateurs.

Dans le cadre du projet Paysages agricoles des Prairies, des spécialistes des parcours ont été invités à partager leurs données et leur avis concernant l'état des parcours dans les Prairies. Ils ont estimé la répartition en pourcentage des parcours selon leur état pour les zones qu'ils connaissaient ou pour lesquelles ils possédaient des données. Les évaluations étaient basées sur des observations faites sur le terrain et des données d'inventaire. Bien que l'information soient basée sur une fraction seulement des parcours de l'ensemble des Prairies, elle fournit des indices sur les tendances.

L'étude a révélé que plus que la moitié des parcours des Prairies sont dans un état moins que satisfaisant. Dans certaines zones, plus de trois quarts des terres étaient dans un état insatisfaisant. Cela signifie qu'il y aurait moyen, grâce à une meilleure gestion, d'augmenter la production à la fois des parcours et du bétail, d'accroître la biodiversité et d'augmenter le taux de matière organique du sol.

Un certain nombre de facteurs ont contribué à la détérioration des parcours, notamment les pressions économiques ressenties dans la communauté agricole en ce qui concerne de maximiser la production, un manque d'activité du côté de la vulgarisation des techniques de gestion des parcours dans le passé et la perception qu'aucun incitatif économique n'était offert pour maintenir les parcours en bon état. En réalité, les parcours peuvent être gérés de telle sorte que leur état s'améliore, et il y a d'ailleurs de bonnes raisons économiques de le faire. Les parcours en bon état peuvent supporter une plus forte charge d'animaux, d'où la possibilité d'une rentabilité accrue et de prix des terres plus élevés.

Avantages des parcours et des cultures fourragères

Biodiversité

La diversité biologique se définit comme la variabilité parmi les organismes vivants de tous milieux, notamment terrestre, marin et autres milieux aquatiques, ainsi que la variabilité des complexes écologiques dans lesquels ils sont situés. Cela inclut la diversité au sein de l'espèce, entre espèces et dans les différents écosystèmes (Bureau de l'environnement, AAC, 1997).

Les parcours peuvent contribuer de plusieurs manières à maintenir cette biodiversité. Ils hébergent une grande variété d'espèces végétales dans toutes sortes de sols et de milieux aquatiques. Cette variété fournit un habitat à une grande diversité d'espèces animales. La faune indigène, qui a évolué et prospéré grâce à la végétation naturellement présente avant la mise en culture des terres, est donc très bien adaptée au milieu.

Chaque espèce requiert un habitat minimal pour subvenir à ses besoins. La biodiversité dépend avant tout du maintien de grands espaces couverts de végétation saine et naturelle. La gestion axée sur le bon état des parcours favorise une plus grande diversité végétale, c.-à-d. le plus d'espèces et la plus grande densité possibles (Pepper et Gauthier, 1998). Quelques rares espèces s'adaptent aussi bien aux milieux fortement pâturés ou appauvris. Cependant, les terres pâturées en bon état général comportent souvent des zones d'utilisation élevée et des zones de faible utilisation, et fournissent de ce fait un milieu propice à toutes les espèces.

Les parcours soumis à un niveau de pâturage modéré présentent une plus grande richesse d'espèces qu'un parcours correspondant soumis à un régime de pâturage intense, ou au contraire, à aucun pâturage (Bai *et al.*, en cours d'impression). L'objectif devrait consister à maintenir l'ensemble du parcours en bon état, moyennant quelques écarts. Si la flore est suffisamment diversifiée, il y a lieu de penser qu'elle fournira un milieu propice à une grande diversité d'espèces animales. La présence de nombreuses espèces végétales, chacune largement peuplée, favorise le maintien d'une source de diversité génétique, de substances médicinales et d'aliments que la science permettra peut-être d'utiliser un jour. Dans les parcours libres, il n'est pas possible de maintenir la totalité du terrain en bon état à cause de la pression exercée par les animaux près des points d'eau, des barrières et des zones préférées. Dans ces zones, les espèces végétales et animales adaptées à un habitat caractérisé par une utilisation intensive du pâturage vont prospérer, d'où l'utilité de la diversité dans les habitats.

Les cultures fourragères vivaces peuvent tout aussi bien contribuer à la biodiversité. Contrairement aux cultures annuelles, les cultures fourragères vivaces fournissent un couvert végétal à longueur d'année, et constituent donc une source de nourriture et un abri pour beaucoup d'espèces animales. À mesure que le champ prend de l'âge, d'autres espèces naturelles et introduites envahissent le peuplement et contribuent à augmenter graduellement la diversité de la flore.

La faune et la production agricole ont souvent été en conflit dans le passé. Cependant, la multiplication et l'amélioration des habitats permises par une meilleure gestion des parcours et des cultures fourragères, d'une part, et, d'autre part, l'augmentation potentielle des superficies occupées par les cultures fourragères vivaces pourraient réduire ces conflits à l'avenir. Les producteurs prennent actuellement conscience des bienfaits de la gestion concertée des parcours pour le bétail, et cette prise de conscience pourrait avoir des effets favorables sur l'habitat de la faune et la biodiversité.

Conservation des terres marginales et du sol

Une couverture végétale saine et vigoureuse est indispensable pour la conservation du sol et de l'eau dans les parcours et les terres en cultures fourragères. L'aspect essentiel est de maintenir une flore saine et de permettre la plus grande accumulation possible de débris et de paillis. Les débris forment une réserve nutritive et un lien intermédiaire entre la végétation et la matière organique du sol. Les plantes et les débris freinent l'eau de ruissellement, réduisent l'évaporation de la surface du sol, abaissent la température du sol et empêchent l'érosion.

Les cultures fourragères jouent un rôle précieux dans la stabilisation des ruisselets et la protection des pentes raides contre l'érosion de sol. Les cultures fourragères vivaces peuvent également contribuer à abaisser la nappe phréatique dans les terres salines, ce qui permet de réduire le degré de salinité du sol.

Les cultures fourragères vivaces sont bien adaptées aux terres qui ne sont pas assez productives pour les cultures annuelles. Il existe des espèces fourragères pour à peu près tous les types de

terres marginales. Par exemple, beaucoup d'espèces sont adaptées aux sols à texture légère et à faible teneur en matière organique. Ces espèces ont des racines profondes qui leur permettent d'accéder à l'humidité et aux éléments nutritifs. Il existe également des espèces très résistantes à l'inondation, à la salinité et à l'acidité. Globalement, ces espèces permettent d'assurer la protection du sol et l'accumulation de matière organique, tout en garantissant des recettes dans des terres souvent non adaptées aux cultures annuelles pour des raisons économiques ou environnementales.

Les fourrages et les parcours comme puits de carbone

Du fait de leur rôle significatif dans le stockage du carbone, les terres en fourrage et les parcours contribuent à atténuer les émissions de gaz à effet de serre, et, par suite, à réduire l'influence de ces gaz sur le climat. Les terres qui se sont dégradées par le passé sous l'influence des cultures ou du surpâturage offrent le potentiel de stocker plus de carbone.

Il existe trois moyens pratiques de favoriser l'accumulation de matière organique dans le sol et de permettre ainsi de piéger les gaz à effet de serre, comme suit :

- une meilleure gestion des parcours et des pâturages ensemencés existants
- le resemis des pâturages dégradés
- le semis de cultures fourragères vivaces dans les terres marginales tant du point de vue économique qu'environnemental.

Les sols des parcours surpâturés et dégradés ou en mauvais état comportent des niveaux de matière organique (carbone y compris) inférieurs à ceux d'un parcours en bon état. Le surpâturage a comme conséquence un prélèvement de matière organique supérieur aux restitutions dans le sol. Les parcours en mauvais état présentent une quantité de biomasse inférieure à celle des parcours comparables en bon état (Abouguendia, 1990; Coupland, 1970). À l'état naturel, les parcours comporte entre 4 et 7 fois plus de biomasse sous la surface du sol qu'au-dessus de la surface (Coupland, 1970; Anderson et Coleman, 1985). Ainsi, une réduction de la biomasse de surface a comme conséquence une réduction correspondante de biomasse souterraine avec le temps, de sorte qu'une quantité moindre de matière organique est restituée au sol; graduellement, la teneur en carbone du sol se détériore.

Il est possible d'inverser le processus de perte de carbone dans le sol en adoptant un régime de pâturage raisonné. En améliorant l'état des parcours, on permet aux espèces de grande taille et à enracinement profond de se substituer aux espèces courtes et peu productives, ce qui favorise la lente reconstitution de la matière organique et du carbone dans le sol. L'amélioration de l'état d'un parcours naturel ou cultivé peut faire augmenter le rendement de 0,2 t/ha/année pendant jusqu'à 20 années (Bruce *et al.*, 1998). Il serait ainsi possible d'augmenter de manière significative les niveaux de carbone du sol sur une surface représentant jusqu'à la moitié des superficies totales de parcours et de pâturages semés des Prairies.

Le resemis s'impose lorsque les cultures fourragères sont tellement détériorées qu'il ne reste plus assez de plantes des espèces semées à l'origine pour améliorer les rendements par la gestion. Le resemis permet d'introduire des espèces productives et profondément enracinées qui contribuent à l'accumulation de matière organique. Une gestion améliorée des fourrages nouvellement semés est nécessaire pour reconstituer la matière organique du sol, sinon les nouvelles plantes dépérissent rapidement.

La technique de resemis sans préparation du sol après traitement à l'herbicide de la végétation établie est préférable au semis avec préparation du sol. Le travail du sol stimule la décomposition de la matière organique, ce qui atténue les avantages obtenus en établissant un nouveau peuplement de plantes fourragères. Par ailleurs, il serait bénéfique d'inclure une légumineuse au resemis pour accroître encore plus le piégeage des gaz à effet de serre. En effet, les légumineuses sont hautement productives et ajoutent une plus grande quantité d'azote à la matière organique du sol. Dans les pâturages dégradés, le resemis peut entraîner une hausse de la quantité de carbone allant jusqu'à 0,8 t/ha/année pendant 20 ans (Bruce *et al.*, 1998).

Les résultats les plus marquants en ce qui a trait à l'accumulation de carbone s'observent lorsqu'on sème une culture fourragère dans un champ antérieurement consacré aux cultures annuelles. De toutes les pratiques de gestion des fourrages, l'ensemencement des terres écologiquement et économiquement marginales offre le plus grand potentiel comme puits de carbone du sol et comme solution aux émissions de gaz à effet de serre. On évalue à 1,8 million d'hectares les terres actuellement en culture de classe 4 à 6 (Inventaire des terres du

Canada, ITC) figurant dans la catégorie inférieure selon le classement d'assurance-récolte (terres écologiquement marginales pour la culture annuelle). Comme ces terres ont perdu de la matière organique après plusieurs décennies de culture, de retrait de matière organique et d'érosion, elles pourraient stocker 0,8 t/ha/année de carbone.

Les cours des denrées agricoles et les frais de transport dictent actuellement la conversion des cultures annuelles aux fourrages permanents dans certaines terres. En outre, beaucoup de producteurs apportent des améliorations dans la manière dont ils gèrent les parcours en raison des gains de productivité qu'ils obtiennent, et à mesure que l'information technique leur devient accessible. Pour que les producteurs mettent en pratique les procédures de gestion visant uniquement à permettre le stockage de carbone, il faut qu'ils en tirent des retombées économiques (tableau 3.15).

La gestion améliorée des parcours naturels en état moyen et médiocre ainsi que le resemis des cultures fourragères se traduisent par des avantages économiques côté production. Les producteurs pourraient mettre en application ces pratiques et réaliser des avantages sans même attribuer une quelconque valeur au carbone stocké. N'importe quelle future valeur monétaire qui résulterait des gains de carbone constituerait un bonus. Pour que le producteur s'y retrouve économiquement, il faut que les frais de fertilisation des cultures fourragères et d'amélioration des parcours en bon état soient compensés au moins par l'équivalent de la perte monétaire par tonne de carbone stocké.

Usages multiples

Un certain nombre d'autres activités ont lieu sur les parcours, dont certaines peuvent être en conflit. Le conflit le plus évident est celui où des utilisations concurrentes sont faites sur des terres publiques selon des approches de gestion différentes. En outre, l'accès à ces terres publiques crée continuellement des difficultés. La production animale, l'exploitation minière et les activités à but écologique sont les types d'utilisation le plus souvent en conflit.

Les organismes de gestion des terres publiques concentrent désormais plus d'efforts à la planification de l'utilisation polyvalente des terres et à la gestion coordonnée des ressources, afin de réduire au minimum les conflits entre utilisateurs et de trouver des terrains d'entente. Les

Tableau 3.15 Rendements et rentabilité des changements dans les pratiques de gestion visant à augmenter le stockage du carbone

Pratiques de gestion	Coût $/ha	UAM augm./ha	Réception (UAM)	Recettes moins coût $/ha	Produit net (perte nette) $/tonne C
État des parcours					
Amélior. de médiocre à bon*	1,48	0,12	1,12	1,28	0,36
Amélior. de moyen à bon*	1,48	0,07	0,60	0,00	0,06
Amélior. de bon à bon*	1,48	0,03	0,30	(0,74)	(3,68)
Gestion fourrage cultivé					
Engrais (56 kg N/ha)	44,73	0,50	4,65	(33,24)	(59,78)
Engrais (112 kg N/ha tous les 2 ans)	37,31	0,50	4,66	(25,82)	(46,44)
Resemis des peuplements en pleine état	9,88	0,70	6,51	6,20	8,46

Source : Howden (1999)

Canada, ITC) figurant dans la catégorie inférieure selon le classement d'assurance-récolte (terres écologiquement marginales pour la culture annuelle). Comme ces terres ont perdu de la matière organique après plusieurs décennies de culture, de retrait de matière organique et d'érosion, elles pourraient stocker 0,8 t/ha/année de carbone.

Les cours des denrées agricoles et les frais de transport dictent actuellement la conversion des cultures annuelles aux fourrages permanents dans certaines terres. En outre, beaucoup de producteurs apportent des améliorations dans la manière dont ils gèrent les parcours en raison des gains de productivité qu'ils obtiennent, et à mesure que l'information technique leur devient accessible. Pour que les producteurs mettent en pratique les procédures de gestion visant uniquement à permettre le stockage de carbone, il faut qu'ils en tirent des retombées économiques (tableau 3.15).

La gestion améliorée des parcours naturels en état moyen et médiocre ainsi que le resemis des cultures fourragères se traduisent par des avantages économiques côté production. Les producteurs pourraient mettre en application ces pratiques et réaliser des avantages sans même attribuer une quelconque valeur au carbone stocké. N'importe quelle future valeur monétaire qui résulterait des gains de carbone constituerait un bonus. Pour que le producteur s'y retrouve économiquement, il faut que les frais de fertilisation des cultures fourragères et d'amélioration des parcours en bon état soient compensés au moins par l'équivalent de la perte monétaire par tonne de carbone stocké.

Usages multiples

Un certain nombre d'autres activités ont lieu sur les parcours, dont certaines peuvent être en conflit. Le conflit le plus évident est celui où des utilisations concurrentes sont faites sur des terres publiques selon des approches de gestion différentes. En outre, l'accès à ces terres publiques crée continuellement des difficultés. La production animale, l'exploitation minière et les activités à but écologique sont les types d'utilisation le plus souvent en conflit.

Les organismes de gestion des terres publiques concentrent désormais plus d'efforts à la planification de l'utilisation polyvalente des terres et à la gestion coordonnée des ressources, afin de réduire au minimum les conflits entre utilisateurs et de trouver des terrains d'entente. Les

Tableau 3.15 Rendements et rentabilité des changements dans les pratiques de gestion visant à augmenter le stockage du carbone

Pratiques de gestion	Coût $/ha	UAM augm./ha	Recettes $/UAM	Recettes moins coût $/ha	Produit net (perte nette) $/tonne C
État du parcours					
Amélior. de médiocre à bon+	1,48	0,12	1,12	1,28	6,36
Amélior. de moyen à bon+	1,48	0,07	0,60	0,00	0,06
Amélior. de bon à bon+	1,48	0,03	0,30	(0,74)	(3,68)
Gestion fourrage cultivé					
Engrais (56 kg N/ha)	44,73	0,50	4,65	(33,24)	(59,78)
Engrais (112 kg N/ha tous les 2 ans)	37,31	0,50	4,65	(25,82)	(46,44)
Resemis des peuplements en piètre état	9,88	0,70	6,51	6,20	8,46

Source : Howden (1998)

propriétaires de terres privées sont également souvent sollicités pour accorder le droit d'utiliser leurs terres à des fins autres que le pâturage. Les activités envisagées peuvent inclure le pâturage du bétail, la conservation de l'habitat, l'exploitation minière, le déboisement, la récolte de matière première pour l'artisanat, la randonnée pédestre ou encore la promenade en motoneige. Ces occasions permettent aux producteurs de percevoir des revenus agricoles d'appoint sous forme de droits d'accès et d'usage. Chaque producteur a sa propre approche concernant l'utilisation polyvalente de ses terres. De façon générale, les producteurs préfèrent les activités qui rapportent le plus économiquement et dérangent le moins possible les activités agricoles existantes.

Pressions exercées sur les parcours

Six facteurs ont été cernés comme étant d'importantes sources de pression, d'un point de vue quantitatif et qualitatif, sur les parcours naturels des Prairies canadiennes. Ces facteurs sont les suivants :

- la culture des parcours naturels
- la détérioration de l'état des parcours
- l'introduction de plantes envahissantes
- le morcellement des parcelles
- l'empiétement de la végétation arbustive
- les activités industrielles.

Mise en culture des parcours naturels

La plupart des herbages naturels qui couvraient autrefois les Prairies ont été labourés et ensemencés avec des espèces fourragères cultivées. Les seuls herbages naturels qui persistent sont situés sur des terres non adaptées aux cultures annuelles, dans la partie la plus aride des Prairies, sur les sols pierreux ou à texture très grossière ainsi que dans les sols à dominance saline ou présentant un profil solonetzique. Ces parcours ne sont donc pas très représentatifs des herbages naturels et historiques des Prairies.

Aujourd'hui, les herbages qui ont cédé le pas aux terres cultivées les plus fertiles, dans la partie centrale des Prairies, ont pratiquement disparu. Cette évolution a en toute probabilité provoqué la perte d'espèces végétales qui poussaient autrefois sur ces sols fertiles, et a marginalisé, voir éliminé l'habitat de nombreuses espèces animales. La perte d'habitat est une raison importante du déclin de population de la majorité des espèces considérées en danger par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC) (Comité de rétablissement des espèces canadiennes en péril, 1998).

La culture et le resemis d'espèces fourragères cultivées ont longtemps été pratiqués afin d'accroître la production dans les parcours naturels. Mais à long terme, la production n'a pas vraiment augmenté, parce que ce type de terre ne peut produire qu'une quantité donnée de biomasse. La culture accélère la minéralisation de la matière organique du sol et provoque un accroissement temporaire de la quantité d'azote assimilable par les plantes (Whitehead 1970). Cet azote assimilable déclenche un surcroît passager de production. Tant les espèces cultivées que les espèces naturellement présentes poussent très bien dans un premier temps, mais à plus long terme, elles retrouvent un niveau de croissance en harmonie avec les conditions du milieu, de sorte que les rendements se rapprochent de ceux d'un parcours naturel (Redmann *et al.*, 1994). Il n'existe pas de technique aujourd'hui pour rétablir rapidement la végétation d'un parcours naturel à un niveau représentatif de la végétation originale. Le processus de rétablissement des parcours demeure donc long et très graduel.

Détérioration de l'état des parcours

L'objectif préconisé par les gestionnaires de parcours des Prairies est de veiller au bon état des herbages. L'état actuel des parcours est nettement inférieur à ce niveau, mais non irréversible, moyennant quelques améliorations en capital et des changements dans le mode de gestion des terres. Les retombées économiques de l'amélioration de l'état des parcours ne sont pas largement reconnues. L'augmentation d'une classe dans l'état des parcours (p. ex., de moyen à bon) peut faire augmenter la capacité de charge de 25 %, pourvu que les méthodes de gestion appropriées soient adoptées et maintenues.

L'une des idées erronées que l'on entend couramment au sujet de la gestion des parcours est que la seule manière d'améliorer ces terres est de réduire la charge de bétail. En fait, il est souvent possible d'améliorer l'état des parcours en modifiant les méthodes de gestion ou en construisant des clôtures et en aménageant des points d'eau. Réduire la charge de bétail sans

modifier les méthodes de gestion risque de n'avoir aucun effet sur l'état des parcours.

Introduction d'espèces envahissantes et morcellement des parcelles

Les herbes introduites par l'homme, principalement le brome inerme et l'agropyre à crête, se retrouvent entremêlées dans des blocs de parcours naturel ainsi que dans les fossés de toutes les routes et chemins de campagne. Ces plantes fortement concurrentielles ont envahi les parcours naturels dans les zones où la concurrence est faible. Leurs graines se répandent dans de nouvelles zones avec l'aide du vent et des animaux, ou encore lors des semis effectués pour remettre en état des terrains exploités à des fins industrielles. Ces plantes ont souvent un avantage concurrentiel dans les pâturages, car le bétail préfère les espèces indigènes, plus jeunes et plus appétentes, de sorte qu'elles ne sont pas mises à l'épreuve. Ces espèces se propagent lorsque la concurrence est faible et mettent en péril l'intégrité du parcours naturel.

Le terme morcellement est employé pour décrire le fractionnement des parcours en petites parcelles séparés par de grandes zones cultivées. Le morcellement est une cause importante du déclin de population de bon nombre d'espèces fauniques. Beaucoup d'espèces ont besoin de grandes zones à l'intérieur des parcours naturels pour compléter leur cycle biologique. La taille restreinte des parcelles permet aux prédateurs de trouver plus facilement les proies. De plus, la distance séparant les parcelles limite le nombre d'aires d'alimentation et nuit à la formation de couples pour la reproduction.

Activités industrielles

Les activités industrielles, telles que l'exploration de pétrole et de gaz, ont fait leur marque sur les espaces naturels. La construction de chemins jusqu'aux puits situés dans des parcours, et le terrassement du terrain autour des puits, contribuent à fragmenter l'habitat de plusieurs espèces fauniques. Par le passé, les chantiers abandonnés étaient remis en état en introduisant des plantes d'espèces cultivées, ce qui a eu comme conséquence l'invasion de ces espèces dans les parcours naturels. Plus récemment, les règles et les techniques concernant la remise en état du terrain se sont améliorées, si bien que les espèces et le paysage doivent désormais être représentatifs du site avant son utilisation industrielle. L'industrie doit poursuivre ses efforts pour minimiser l'impact de ses activités sur les parcours établis, en regroupant autant que possible les activités autour de quelques sites, en encourageant le partage des chemins entre compagnies et en construisant des chemins le long des clôtures dans la mesure du possible.

Empiétement de la végétation arbustive

Les sols noirs se sont formés sous une végétation herbeuse, mais la disparition des grands feux de prairie et des troupeaux de bison qui parcouraient la région ont eu pour conséquence l'expansion des arbres et des arbustes dans la prairie. Actuellement, le tremble prend de l'expansion dans les herbages autrefois dégagés des zones de sols noirs et de sol grises de sol, à un rythme de 0,5 à 5 % par an (Bowes, 1998), empiétant ainsi sur les espèces herbacées, qui cèdent la place aux espèces forestières. Ce changement de végétation a des répercussions écologiques et agronomiques.

Les plantes envahissantes, comme l'euphorbe feuillue, menacent l'intégrité, la santé et la productivité des parcours.

La forêt n'est pas la communauté végétale climacique de la zone des sols noirs. Avant l'arrivée des Européens, la zone des sols noirs était couverte d'arbres à 10-30 %, selon l'emplacement et le régime d'humidité. Parmi les espèces forestières hautement problématiques figurent le peuplier baumier (*Populus balsamifera*), le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*), la symphorine occidentale (*Symphoricarpus occidentalis*) et le chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*). La plus grande préoccupation des producteurs est que la forêt réduit la production de fourrage de 80 % par rapport à la prairie.

Les méthodes actuellement employées pour ralentir l'expansion de la végétation arbustive incluent le brûlage dirigé, le pâturage rationné, l'application d'herbicides, le débroussaillage et le raclage de l'écorce. Les traitements isolés ont donné des résultats mitigés, et les recherches démontrent que l'approche la plus efficace consiste en une combinaison de mesures de contrôle. Les producteurs sont encore peu nombreux à adopter les pratiques de contrôle de la végétation arbustive, et le recours aux traitements isolés a eu pour effet de laisser la végétation arbustive continuer de prendre de l'expansion.

Répercussions des décisions et des méthodes de gestion

Les décisions sur la gestion des parcours sont influencées par deux grands facteurs : les impératifs économiques liés à l'agriculture, en particulier la rentabilité des cultures annuelles, et la disponibilité de l'information sur les techniques les plus récentes en matière de gestion des parcours. Les décisions prises par les producteurs et les gestionnaires des terres ont considérablement influencé la capacité de production des parcours et des terres en fourrage, et continueront de le faire à l'avenir.

Les biotes de la végétation et du sol jouent un rôle important dans l'écologie des parcours. Elles peuvent considérablement affecter les propriétés et les processus du sol qui contrôlent la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs essentiels au maintien de la composition de la partie aérienne de la communauté végétale (Manske, 1993). D'autres facteurs, tels que le surpâturage et la perturbation du sol, peuvent accélérer, directement ou indirectement, la dégradation des terres dans les parcours. Cette dégradation peut changer le micro-environnement (c.-à-d. la température et la teneur en eau du sol, et le rapport évaporation-précipitations) et modifier profondément les activités globales de la micro-faune et de la méso-faune du sol de l'écosystème des parcours (Herrick et Whitford, 1995; Dormaar *et al.*, 1996). Les écosystèmes de parcours sont une interaction très complexe entre le sol, la végétation, le climat, les brouteurs et les perturbations comme le feu, d'où la sensibilité de cet espace agricole unique à l'activité humaine.

L'implantation des cultures dans les Prairies canadiennes a contribué au développement d'une société prospère. Plus de 60 % des terres sont maintenant cultivées (Plan d'action pour la conservation de la prairie, 1998). La plupart des parcours naturels restants présentent des limitations spécifiques pour la culture, comme de la piérosité, une texture sablonneuse, de la salinité ou une couche de sol mince. Il est devenu très difficile de trouver des sols vierges suffisamment fertiles pour supporter des cultures annuelles. Néanmoins, l'utilisation appropriée des ressources de parcours pour la production animale dans les parties méridionales de l'Ouest canadien est probablement la meilleure illustration de l'agriculture durable au Canada aujourd'hui (Horton, 1994).

Les zones de prairie naturelle qui ont été défrichées même si elles ne convenaient pas à la culture ont gravement souffert de l'érosion pendant les années 30. Dans beaucoup de régions, ces terres ont ensuite été remises en état grâce au semis d'espèces fourragères cultivées. Aujourd'hui, les espèces introduites, comme l'agropyre à crête, l'élyme de Russie et le brome inerme, sont très répandues dans la région des Prairies. Toutefois, de récentes études démontrent que l'agropyre à crête et l'élyme de Russie ne permettent pas au sol de retrouver ou de maintenir les propriétés chimiques qu'il possédait dans la prairie naturelle (Dormaar *et al.*, 1995). En outre, la masse de racines et la teneur en matière organique d'un sol occupé par l'agropyre à crête et l'élyme de Russie sont sensiblement inférieures à celles d'un parcours naturel. Des recherches plus approfondies sont requises pour formuler des prédictions fiables concernant la stabilité durable des systèmes agronomiques, particulièrement en ce qui concerne l'incidence des méthodes de gestion améliorées sur les sols (Dormaar *et al.*, 1995).

Les fourrages cultivés ont joué un rôle utile dans la production agricole. Les espèces introduites ont facilité la diversification en permettant aux producteurs d'insérer les légumineuses dans la rotation de cultures annuelles afin d'augmenter le taux de matière organique du sol tout en produisant diverses denrées commercialisables. Les fourrages cultivés sont plus répandus dans les zones plus humides composées de sols noirs et de sol gris, où de plus grandes superficies de prairie naturelle ont été défrichées.

Les espèces fourragères introduites procurent également un habitat à un certain nombre d'espèces fauniques. Bien que leur rôle ne soit pas aussi unique que celui des parcours, les cultures fourragères vivaces fournissent un habitat très supérieur à celui des terres cultivées (Godwin *et al.*, 1998). Les fourrages cultivés jouent un rôle crucial pour ce qui est de reverdir les terres en culture endommagées par l'érosion et d'empêcher les pertes significatives de sol superficiel. En outre, les espèces fourragères à végétation hâtive protègent dans une grande mesure les parcours naturels au printemps, lorsque le pâturage répété peut avoir un effet néfaste.

Un certain nombre de variétés d'herbes et de légumineuses mises au point au Canada ont été semées à travers le territoire. Des variétés ont été développées pour toutes sortes de types de sol et de conditions environnementales. Les études récentes ont porté sur des objectifs précis, comme l'amélioration de la vigueur des plantules de l'élyme de Russie et de l'astragale pois chiche, la réduction des risques de météorisation, l'augmentation du rapport feuilles-tiges de la luzerne et la mise au point de variétés de brome à deux fins. Des travaux de recherche substantiels ont porté sur la mise au point d'« écovars » (variétés locales raffinées par sélection) qui seront utilisés pour remettre en état les parcours.

Les cultures fourragères jouent un rôle crucial pour ce qui est de reverdir les terres en culture endommagées par l'érosion et d'empêcher les pertes significatives de sol superficiel.

Le surpâturage compromet la stabilité durable des parcours tant naturels que cultivés, dans la mesure où il réduit la fertilité et la capacité de rétention en eau des sols (Dormaar et Willms, 1998). En réduisant la quantité de débris végétaux restitués à la terre, le surpâturage contribue à élever la température du sol et à diminuer la capacité de rétention en eau, ce qui exacerbe les effets de la sécheresse sur la production fourragère. Les peuplements de plantes fourragères en piètre état sont également vulnérables à la domination d'espèces peu productives et de mauvaises herbes.

De nouvelles méthodes d'évaluation des parcours sont actuellement à l'étude. D'importants travaux de recherches et d'abondantes réflexions ont porté sur le bien-fondé du concept de communauté climacique. De nouveaux systèmes déjà utilisés dans certaines provinces s'appuient sur une approche de communauté végétale recherchée, ou encore sur une approche axée sur le sol, auquel cas le système global est classé selon sa vulnérabilité à la dégradation.

Aux États-Unis, le *Natural Resource Conservation Service* a commencé à mettre en pratique une nouvelle méthode d'évaluation de la santé de parcours. La santé des parcours est définie et évaluée en fonction du degré d'équilibre et de stabilité durables de l'intégration entre le sol, les plantes, l'eau et l'air, d'une part, et, d'autre part, des processus écologiques de l'écosystème du parcours (ministère de l'Agriculture des États-Unis, Natural Resource Conservation Service, 1997). Tous les systèmes, récents ou anciens, sont basés sur une approche écologique et permettent d'évaluer la santé d'une communauté par rapport à un niveau de référence. On observe aujourd'hui une certaine hésitation à effectuer des changements, car le système existant est très répandu et fournit un niveau de référence compris par tous, sur lequel il est possible de se baser pour les décisions de gestion.

Conclusion

La gestion du pâturage et de la production fourragère pratiquée dans les fermes et les grands élevages a lentement évolué au cours des 20 dernières années. Les régimes de pâturage planifié sont beaucoup plus courants et mieux acceptés aujourd'hui. Les producteurs adoptent généralement ces régimes dans le but de maintenir ou d'améliorer la production de l'exploitation

agricole. Ces dernières années, les organismes de conservation ont réalisé les avantages des parcours sains et ont reconnu que le pâturage peut en fait maintenir ou améliorer les habitats fauniques. La bonne gestion du pâturage peut permettre d'atteindre l'objectif économique et simultanément l'objectif environnemental. Le bon état des parcours, qui est en soi le but visé par ces deux objectifs, fournit également une mesure de leur degré de réalisation.

Le bon état des parcours est un objectif réalisable dans un système intégrant l'élevage. Pour les spécialistes de gestion des parcours, cet état constitue la norme généralement reconnue. Les gestionnaires des terres doivent être pourvus d'information sur l'amélioration des parcours et ses avantages, et doivent posséder les connaissances requises pour modifier leur mode de gestion. Un relevé de la végétation naturelle et des conditions pertinentes (semblable aux relevés sur les sols) devrait être réalisé à travers les Prairies afin de cartographier précisément les types de végétation et de confirmer l'état des parcours. Ce type d'information pourrait être utilisé par les gestionnaires des terres comme point de départ pour la planification de la gestion, et serait très utile aux fins des programmes fauniques et environnementaux et des stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Au cours des dix dernières années, on a assisté à une augmentation significative des activités de vulgarisation et de sensibilisation dans le domaine de la gestion des parcours et de la production fourragère. La vulgarisation des principes de base concernant la gestion des parcours est un élément essentiel des efforts visant à permettre aux éleveurs des Prairies de rentabiliser leur ferme au maximum. En effet, les herbages en bon état sont plus productifs et donc plus rentables.

Les approches de gestion basées sur l'écosystème peuvent permettre aux fermes tributaires des parcours de mieux s'adapter aux contraintes environnementales. Dans le domaine de la gestion des parcours, le transfert de technologie traditionnel comprend la lutte contre les mauvaises herbes envahissantes, l'accroissement de la productivité des élevages vache-veau et l'utilisation d'espèces fourragères cultivées comme appoint dans les régimes de pâturage. Les nouveaux défis que doit relever le secteur de bétail incluent la gestion des terres riveraines, la capacité de comprendre les interactions entre le bétail et la faune, la biodiversité et le broutage des animaux, et le pâturage dans les zones forestières.

Systèmes complexes par définition, les parcours sont affectés par les pratiques de gestion du passé et par le climat actuel, dont les interactions ne sont pas encore parfaitement connues. Pour que la gestion des parcours devienne efficace à l'avenir, il faudra reconnaître les préoccupations des groupes de conservation et de protection de l'environnement face à ce dossier complexe, et trouver des solutions adéquates à ces préoccupations (Horton, 1994).

Les gestionnaires de terres devraient avoir comme objectif, tant économique qu'environnemental, l'exploitation d'un parcours en bon état dans un système d'élevage.

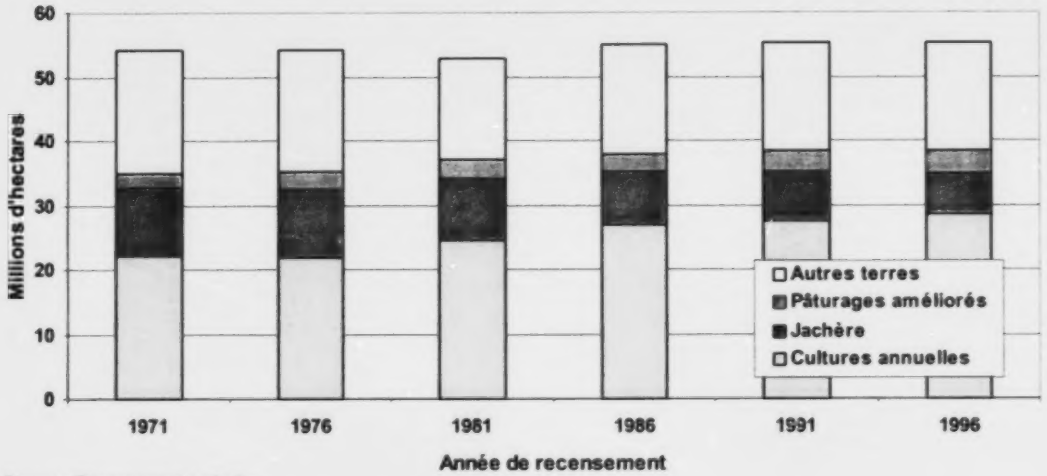
Chapitre 4 : L'utilisation des terres et les systèmes agricoles

Introduction

Après la colonisation des Prairies, qui a eu cours au 19e siècle et au début du 20e siècle, l'utilisation des terres et les pratiques agricoles se sont adaptées au climat et aux différents types de sol des Prairies, et ont évolué au gré des marchés, de la technologie et des systèmes de transport. L'abandon des fermes dans les zones spéciales de l'Alberta au début des années 20 et dans le sud-ouest de la Saskatchewan dans les années 30 sont des exemples concrets de cette évolution. Plus récemment, à partir des années 80, on a assisté à une réduction des surfaces en jachère et à l'élargissement des types de cultures, particulièrement dans les régions moins arides.

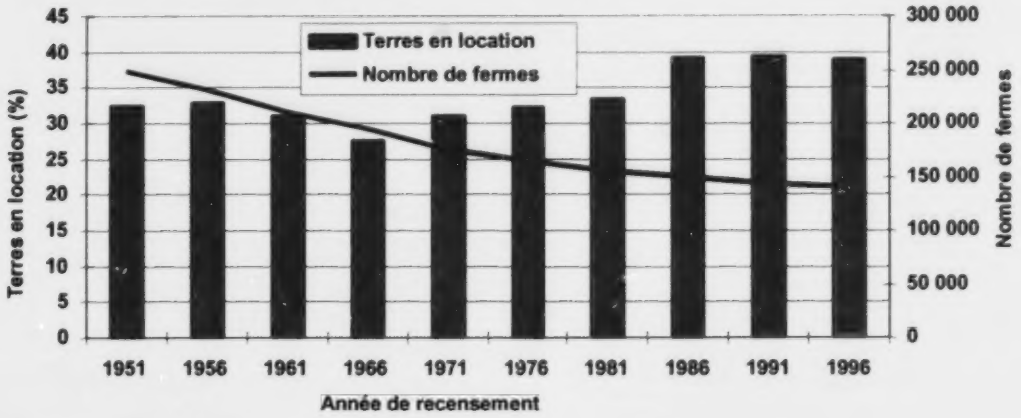
La superficie agricole totale recensée est restée relativement constante (1971-1996). Cependant, la diminution des surfaces en jachère depuis 1981 correspond à une augmentation des superficies en culture (figure 4.1). Cette réduction des surfaces en jachère s'explique par un certain nombre de facteurs, dont la conjoncture économique et l'avance technologique. Les programmes de conservation mis en œuvre dans les 20 dernières années ont beaucoup contribué à vulgariser les méthodes appropriées de gestion des terres.

Au cours des 20 dernières années, entre 35 et 40 % des terres agricoles étaient exploitées en location (figure 4.2). Cette situation suscite de l'inquiétude, car les programmes publics conçus pour favoriser l'intendance à long terme des terres risquent de ne pas être aussi efficaces dans le cas des terres louées, où la priorité pour le producteur pourrait s'avérer la rentabilité



Source : Recensement agricole

Figure 4.1 Utilisation des terres des Prairies.



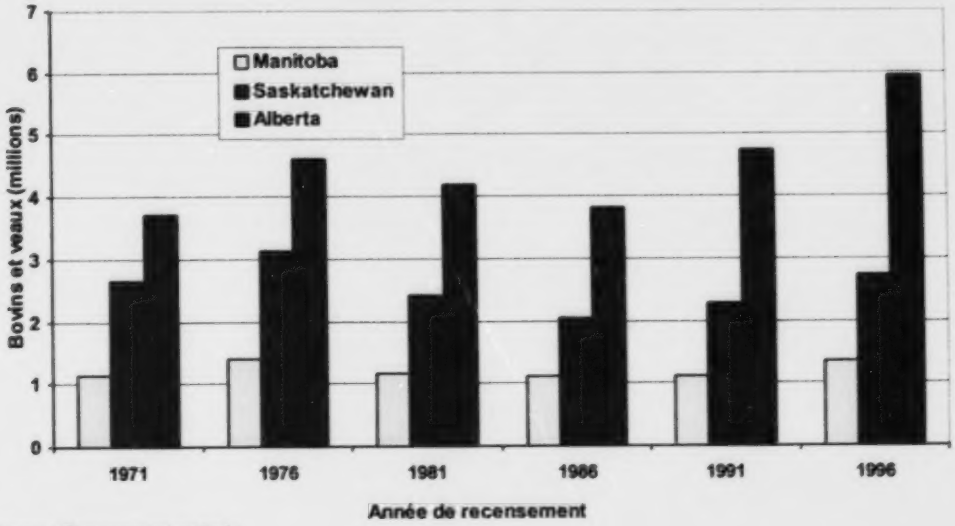
Source : Recensement agricole

Figure 4.2 Nombre de fermes et pourcentage de terres en location dans les Prairies.

de production à courte échéance.

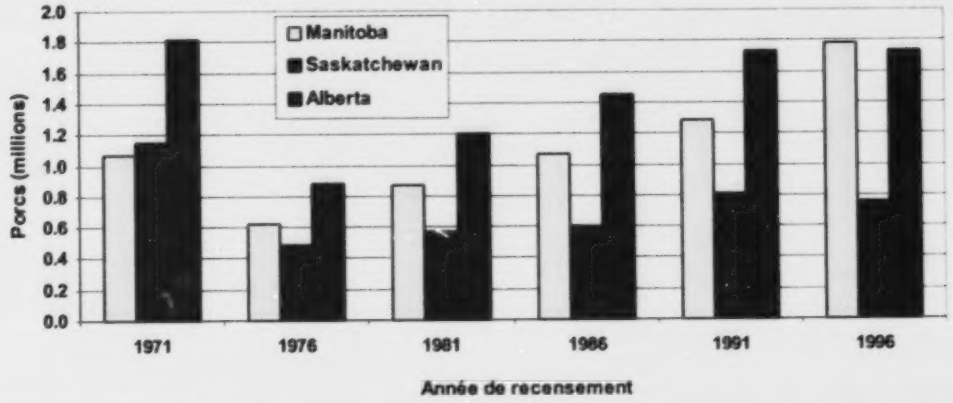
L'évolution des cheptels (bovins, porcs et volaille) depuis 1971 est présentée aux figures 4.3 à 4.5. Globalement, le cheptel bovin augmente depuis 1986, et c'est en Alberta que la production est la plus élevée (figure 4.3). En 1996, les cheptels bovins du Manitoba et de la Saskatchewan se situaient près des records enregistrés en 1976, sans toutefois les atteindre. Dans certaines régions propices aux cultures plus lucratives, les superficies consacrées au pâturage et aux céréales fourragères risquent de ne pas répondre à la demande suscitée par l'accroissement du cheptel bovin.

Le cheptel porcin a augmenté en flèche au Manitoba et en Alberta depuis 1976, les nombres du Manitoba dépassant ceux de l'Alberta (Recensement agricole de 1996).



Source : Recensement agricole

Figure 4.3 Cheptel bovin (veaux inclus).

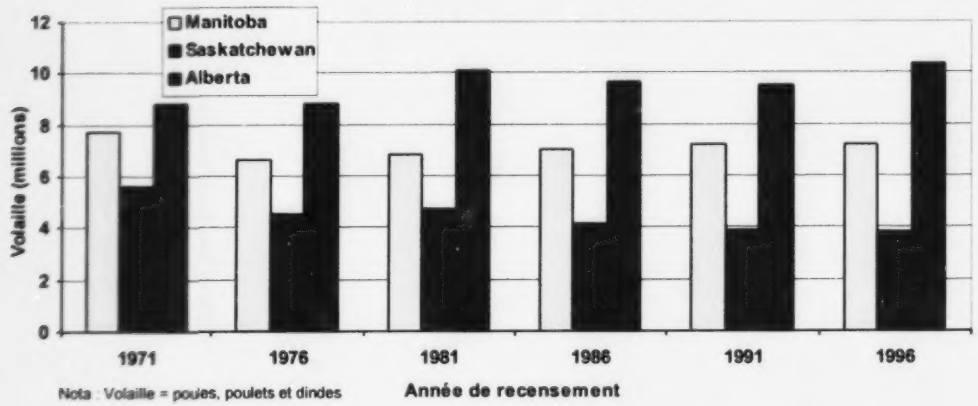


Source : Recensement agricole

Figure 4.4 Cheptel porcin.

L'expansion récente de la capacité d'abattage de porcs au Manitoba, d'une part, et les changements dans les tarifs de transport des céréales d'exportation, d'autre part, augurent bien pour le secteur porcin de cette province et faciliteront son essor au cours des prochaines années. Malgré les objectifs fixés en Saskatchewan pour accroître la production, le cheptel porcin de cette province a très peu changé au cours de la période présentée à la figure 4.4, du fait de la chute rapide du nombre de petits élevages. Cependant, les prévisions tant pour la Saskatchewan que l'Alberta font état d'une vive augmentation dans les nombres de porcs élevés de manière intensive.

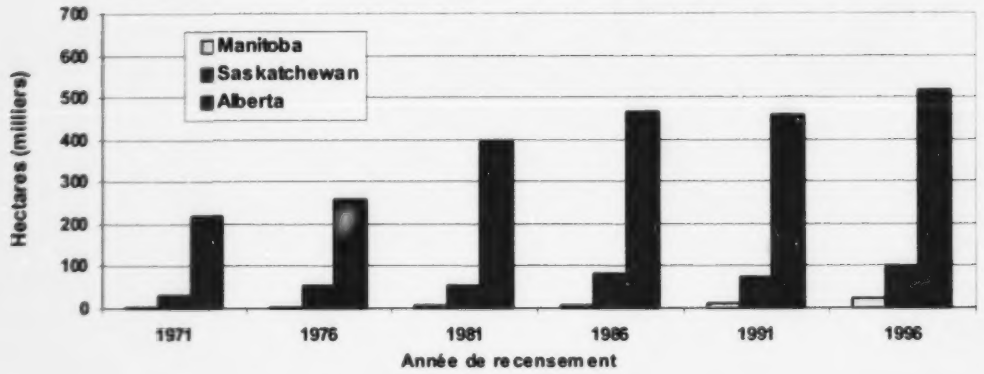
Du côté de la volaille, les nombres sont demeurés relativement constants de 1971 à 1996 grâce au système de gestion de l'offre (figure 4.5). Cependant, la concentration de la production a augmenté sensiblement, le nombre de producteurs de poulet étant descendu de 69 670 à 11 617. Comme en témoigne le nombre restreint de fermes qui ont persisté, ce secteur a connu une intensification soutenue, grâce aux économies d'échelle et à l'adoption des méthodes d'élevage en claustration. Comme dans les secteurs du porc et du bœuf, on constate un regain d'intérêt pour l'élevage de



Nota : Volaille = poules, poulets et dindes

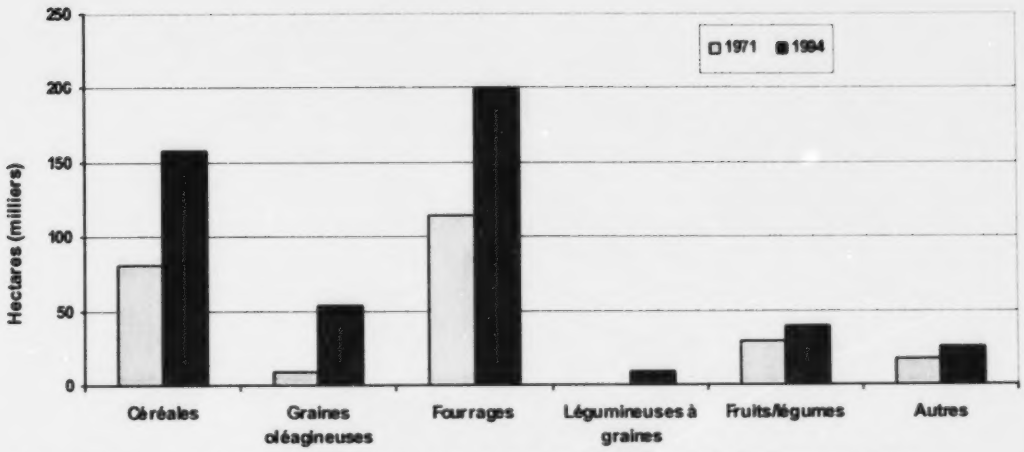
Source : Recensement agricole

Figure 4.5 Nombre de volaille.



Sources : Recensement agricole, Statistique Canada; ARAP

Figure 4.6 Superficie de terres irriguées.



Sources : Recensement agricole (1971); Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta (1994); Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de la Saskatchewan (1994); Agriculture Manitoba (1994)

Figure 4.7 Évolution des cultures irriguées dans les Prairies.

volaille, en raison de l'avantage comparatif dont bénéficient les producteurs des Prairies au point de vue des coûts de production.

Les superficies irriguées ont presque triplé de 1971 à 1996, l'Alberta comptant pour la plus grande partie de cette croissance (figure 4.6). Les 636 000 hectares de terres irriguées dans les provinces des Prairies représentent un important sous-ensemble de l'utilisation des terres agricoles et de l'activité de production. Bien que la majorité des zones irriguées soient consacrées aux céréales et aux cultures fourragères (figure 4.7), la production obtenue sur ces terres fait fonctionner un secteur de transformation et de valeur ajoutée dynamique et diversifié. Par exemple, l'irrigation permet de régulariser les rendements et la qualité de production au profit du secteur de transformation des pommes de terre dans les Prairies.

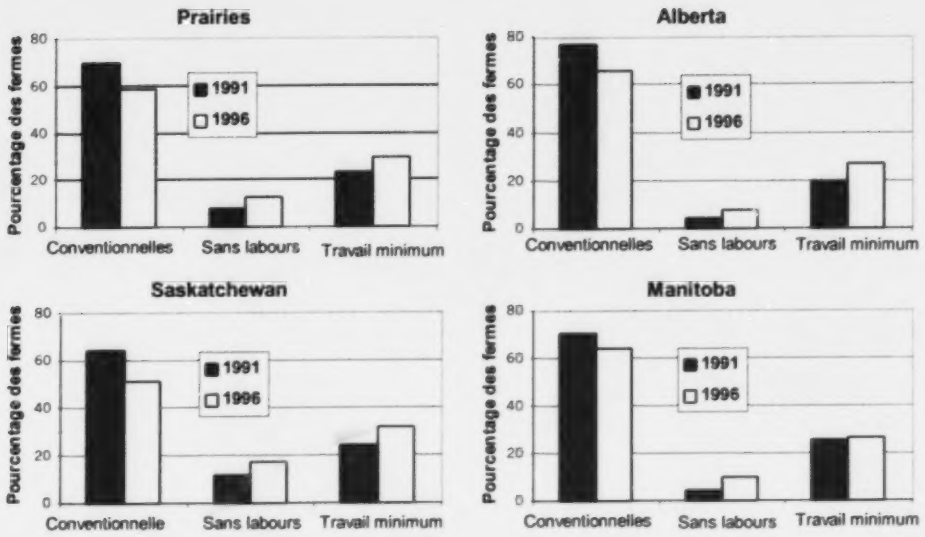
Lors des recensements agricoles de 1991 et 1996, les questions aux producteurs portaient également sur l'adoption de pratiques de travail du sol axées sur la conservation. De manière générale, les techniques de travail minimum du sol se sont largement vulgarisées entre 1991 et 1996 (figure 4.8). Dans toutes les provinces, on a constaté un recul du labour conventionnel et une augmentation de la part des terres exploitées sans labour ou selon un régime de travail minimum du sol.

L'utilisation des terres et les pratiques culturales ont évolué dans toute l'histoire de l'agriculture des Prairies, y compris dans le passé récent. Le reste de ce chapitre présente de manière détaillée le rapport entre l'utilisation des terres actuelle et les pratiques agricoles dans les différents pédo-paysages des Prairies. L'information fournie dans cette étude peut servir à cerner la situation géographique des pratiques agricoles et à évaluer le potentiel d'adaptation des terres des Prairies en fonction de différents scénarios économiques et environnementaux. Cette information permet aussi de prévoir dans quels secteurs les changements sont les plus susceptibles de se produire.

Définir les groupes de pratiques agricoles et les terres

On sait depuis longtemps que la capacité et les possibilités de changement des systèmes agricoles sont limitées par les caractéristiques des terres (Dumanski et Kirkwood, 1988). Aux fins de l'étude présentée dans ce chapitre, les caractéristiques des terres incluent le sol, le relief, la végétation et les facteurs de climat.

Dans les études associant l'utilisation des terres aux conditions de terrain, les chercheurs commencent habituellement par classer ces conditions, pour ensuite décrire les caractéristiques biologiques et l'utilisation de chaque type de paysage (Huffman *et al.*, 1993).



Source : Recensement agricole

Figure 4.8 Pourcentage de fermes dans les Prairies appliquant des pratiques conventionnelles de travail du sol, des pratiques de travail minimum du sol et des pratiques de culture sans labours.

Dans la présente étude, les régions caractérisées par des pratiques agricoles et une utilisation des terres semblables ont été groupées dans un premier temps. Ensuite, les types de sol et de paysage identifiés dans chaque groupe ont été caractérisés, ce qui a permis de cerner les conditions de terrain se prêtant à un ensemble donné d'activités agricoles. Deux séries de données ont été utilisées dans cette étude, soit les Pédo-paysages du Canada (PPC) (Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques, 1996) et le recensement agricole de 1996.

Les Pédo-paysages du Canada forment une série de cartes et de bases de données correspondantes qui décrivent les propriétés du sol et du terrain pour toutes les provinces et territoires du Canada. Les cartes ont été compilées à une échelle de 1:1 000 000. Chaque zone cartographiée des PPC, ou polygone, est assortie d'une série normalisée de propriétés, notamment la formation du sol, le matériau parental du sol, le mode de déposition, la classe de texture du matériau parental, le relief local, le degré d'inclinaison de la pente, le genre de matériau rocheux ou de matériau de surface autre que l'eau, ainsi que les occurrences spatiales de ces propriétés dans un polygone. Ces propriétés ont une grande importance pour la croissance des plantes, la conduite générale des terres, la planification régionale, la fragilité du terrain et la viabilité des terres du point de vue écologique. Chaque polygone peut inclure un ou plusieurs pédo-paysages.

Pour sa part, Statistique Canada mène un recensement agricole tous les cinq ans et demande aux agriculteurs de fournir de l'information sur les points suivants :

- le mode d'exploitation et de faire-valoir des terres
- les cultures et l'utilisation des terres;
- les intrants des cultures et les pratiques agronomiques
- les ventes agricoles et la valeur du capital de la ferme.

Les résultats normalisés du recensement agricole sont récapitulés et mis en forme au niveau des subdivisions de recensement, lesquelles correspondent habituellement aux municipalités rurales ou aux comtés. Ce niveau d'enregistrement ne permet pas d'effectuer d'analyse selon le terrain.

Pour les quatre derniers recensements (1981-1996), la Direction générale de la recherche d'Agriculture Canada a

négocié une entente avec Statistique Canada afin d'établir des rapports entre les données du recensement et les polygones PPC. Pour les données de 1991 et de 1996, cette activité a été réalisée au moyen de la technique de *traitement de l'emplacement principal de la ferme* (Hiley *et al.*, 1994). Le processus consiste à faire correspondre de manière spatiale l'emplacement cadastral de chaque exploitation agricole à un polygone. Les caractéristiques des fermes correspondant à chaque polygone ont été récapitulées. Les bases de données résultantes permettent de comparer la gestion et les pratiques agricoles par rapport aux caractéristiques des terres. Ces données se prêtent à l'analyse et à l'affichage au moyen de systèmes d'information géographique (SIG) (Hiley, 1999). Dans le cadre de l'étude, les différentes composantes pédologiques des polygones PPC ont été réparties en 11 *pédo-paysages des Prairies*, tandis que les polygones PPC ont été regroupés en 13 *groupes de pratiques en matière d'utilisation des terres*, et ce à l'aide des données du recensement agricole.

Pédo-paysages des Prairies

Afin de déterminer le rapport entre les pratiques agricoles et les pédo-paysages, on a établi une corrélation entre les polygones PPC et le tableau sur les composantes du sol de la version 2.2 des PPC, qui comprend les caractéristiques suivantes :

- DRAIN (drainage du sol - par exemple bien drainé, faiblement drainé)
- DEVEL (développement du profil du sol - par exemple chernozem d'orthite noir, solonetzique brun)
- SLOPE (inclinaison de la pente - par exemple moins de 4 %, entre 10 et 15 %)
- LOCSF (relief - par exemple ondulant, vallonné)
- PMDEP (matériau parental du sol - par exemple morainique, lacustre).

Une description détaillée des caractéristiques est fournie dans le manuel de procédures et le guide de l'utilisateur des PPC (Shields *et al.*, 1991).

Chaque composante de sol des 1 245 polygones PPC a été décrite à l'aide de ces cinq caractéristiques et groupée selon les descriptions courantes de pédo-paysage en fonction des propriétés du sol qui influencent le potentiel agricole. La répartition des descriptions de pédo-paysage est illustrée à la figure 4.9.

Toutes les terres comprises dans les polygones PPC définissant la zone agricole des Prairies ne sont pas utilisées pour l'agriculture. Il n'était donc pas possible de déterminer quelles composantes du sol étaient utilisées à des fins agricoles.

Les sols des prairies ont été classés dans cinq zones pédologiques principales d'après la formation de leur profil et de la teneur en matière organique qui en résulte (figure 4.10). Dans ces zones, onze pédo-paysages des Prairies ont été cernés et décrits.

Terrain fortement incliné à montagneux

Les pédo-paysages dont la déclivité est supérieure à 10 % sont classés 4T, 5T ou 6T dans l'Inventaire des terres du Canada (ITC) et sont considérés marginaux ou non adaptés à la

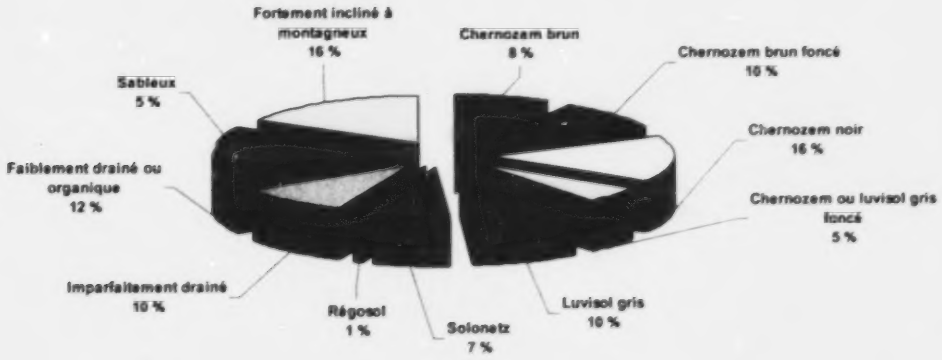


Figure 4.9 Répartition des pédo-paysages des Prairies en polygones PPC.

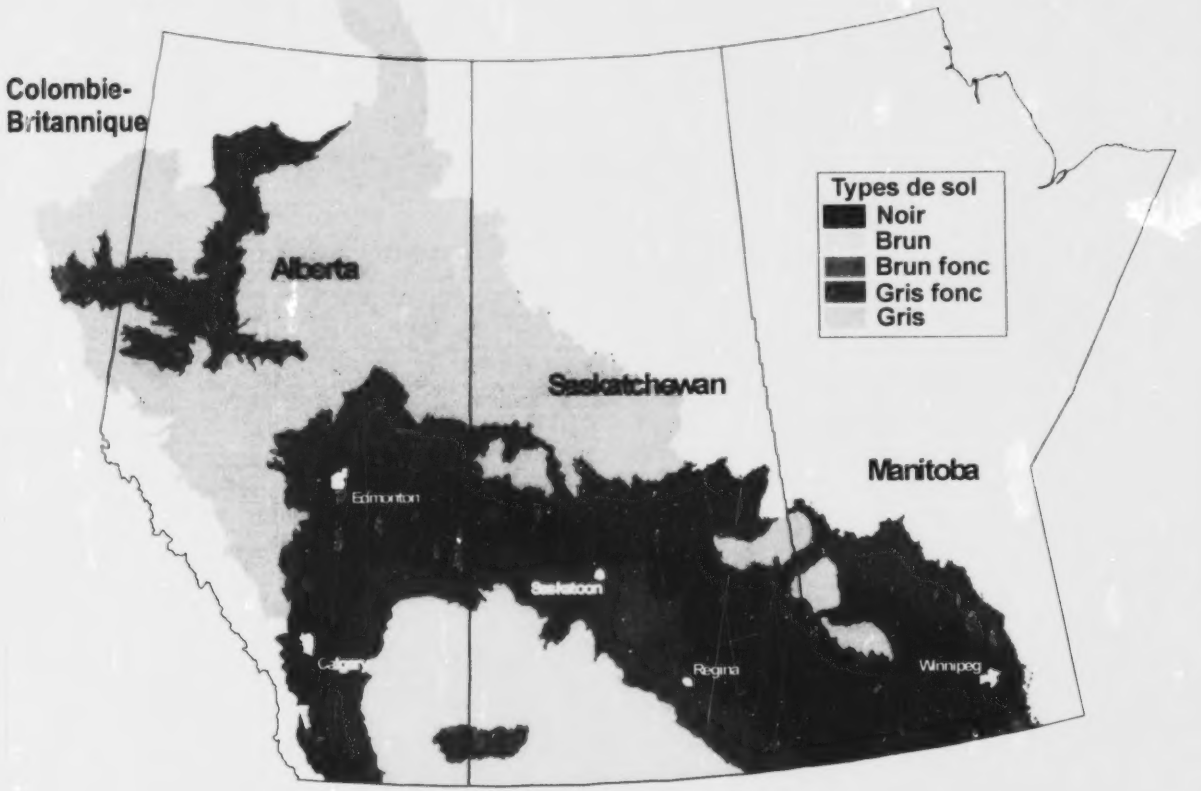


Figure 4.10 Répartition des sols de l'Ouest canadien.

culture (Brocke, 1977). Ces pédo-paysages se rencontrent dans tous les types de sol et occupent jusqu'à 16 % des terres de la zone agricole des Prairies. Aux fins de l'étude, toutes les composantes de sol dont les pentes ont une inclinaison de plus de 10 % sont classées fortement inclinées à montagneuses.

Sols faiblement drainés et sols organiques
Les composantes de pédo-paysage caractérisées par un drainage faible ou très faible ou par des sols organiques ou gleysoliques, sont généralement peu propices à la culture sans drainage. Les sols salins sont inclus dans ce pédo-paysage. Ces sols se présentent sur des pentes inclinées à moins de 10 % et sur divers reliefs et matériaux parentaux. Les sols faiblement drainés ou organiques occupent 12 % des terres agricoles des Prairies.

Sols solonetziques
Les sols solonetziques sont caractérisés par une haute teneur en sodium, avec pour conséquence un horizon B collant à l'état humide et dur à l'état sec (Toogood et Cairns, 1973), ce qui rend ces sols difficiles à travailler. Les sols solonetziques reposent souvent sur un sous-sol à teneur élevée en sels et en sodium. Les sols solonetziques se retrouvent dans les zones de sols bruns, brun foncé, noirs et gris foncé et occupent 7 % des terres agricoles des Prairies.

Sols imparfaitement drainés
Les composantes de pédo-paysage caractérisées par un drainage restreint défavorisent la culture et la fertilité des terres. Les sols imparfaitement drainés se rencontrent dans toutes les zones de sol et occupent 10 % des terres agricoles des Prairies.

Le territoire agricole des Prairies, qui recouvre environ 35 millions d'hectares, n'a pas varié depuis 1971.

Sols sableux
Les composantes de pédo-paysage caractérisées par des sols qui s'égouttent rapidement ou excessivement ont une faible capacité de rétention en eau. Ces sols reposent habituellement sur un matériau parental fluvial ou éolien, et présentent des contraintes modérées ou graves à la culture, en particulier dans les zones arides. Les sols sableux occupent 5 % des terres agricoles des Prairies.

Sols bruns chernozémiques
Les sols bruns chernozémiques ont évolué sous une prairie mixte semi-aride, dans les régions sèches des Prairies (Acton *et al.*, 1998). Aux fins de l'étude, seules les composantes à drainage modéré ou satisfaisant situées sur des pentes de moins de 10 % ont été admises dans ce groupe. Ces sols sont généralement classés 3M ou 4M selon l'ITC. Les sols bruns chernozémiques occupent 8 % des terres agricoles des Prairies. Ce pédo-paysage a également été divisé selon le matériau parental ou la pente à l'intérieur de chaque groupe de pratiques agricoles.

Sols brun foncé chernozémiques
Les sols brun foncé chernozémiques sont situés dans des zones herbeuses plus humides que les zones de sols bruns chernozémiques, et forment une transition entre les sols bruns et les sols noirs. Aux fins de l'étude, seules les composantes à drainage modéré ou satisfaisant situées sur des pentes de moins de 10 % ont été admises dans ce groupe. Ces sols sont généralement classés 3M selon l'ITC. Les sols brun foncé chernozémiques

occupent 10 % des terres agricoles des Prairies. Ce pédo-paysage a également été divisé selon le matériau parental ou la pente à l'intérieur de chaque groupe de pratiques agricoles.

Sols noirs chernozémiques
Les sols noirs chernozémiques ont évolué dans la prairie-parc dominée par de la fétuque, caractérisée par une production de biomasse supérieure à celle de la zone de sols bruns et brun foncé (Acton *et al.*, 1998). Aux fins de l'étude, seules les composantes à drainage modéré ou satisfaisant situées sur des pentes de moins de 10 % ont été admises dans ce groupe. Ces sols sont très fertiles et occupent 16 % des terres agricoles des Prairies. Ce pédo-paysage a également été divisé selon le matériau parental ou la pente à l'intérieur de chaque groupe de pratiques agricoles.

Sols gris foncé chernozémiques et luvisols gris foncé
Les sols gris foncé chernozémiques et les luvisols gris foncé sont transitoires entre les chernozems noirs formés sous un couvert de prairie et les luvisols gris formés sous la forêt de tremble. Aux fins de l'étude, seules les composantes à drainage modéré ou satisfaisant situées sur des pentes de moins de 10 % ont été admises dans ce groupe. Ces sols sont généralement classés 2H ou 3H selon l'ITC en raison de l'insuffisance d'unités thermiques. Les sols gris foncé chernozémiques et les luvisols gris foncé occupent 5 % des terres agricoles des Prairies. Ce pédo-paysage a également été divisé selon le matériau parental ou la pente à l'intérieur de chaque groupe de pratiques agricoles.

Photo : Dave Reede

Les Chernozems noirs figurent parmi les sols les plus fertiles et représentent 23 % des terres agricoles des Prairies.

Luvisols gris (à drainage modéré ou satisfaisant et pentes de moins de 10 %)
Les luvisols gris se sont formés sous un couvert végétal de forêt de tremble caractéristique des plaines boréales. Ces sols ne comportent pas l'horizon A riche en matière organique typique des sols herbeux. Aux fins de l'étude, seules les composantes à drainage modéré ou satisfaisant situées sur des pentes de moins de 10 % ont été admises dans ce groupe. Ces sols sont généralement classés 3H selon l'ITC en raison de l'insuffisance d'unités thermiques. Les luvisols gris occupent 10 % des terres agricoles des Prairies. Ce pédo-paysage a également été divisé selon le matériau parental ou la pente à l'intérieur de chaque groupe de pratiques agricoles.

Sols régosoliques (à drainage modéré ou satisfaisant et pentes de moins de 10 %)
Les sols régosoliques constituent un groupuscule distinct parmi les sols agricoles des Prairies. Ces sols sont faiblement développés et ne répondent pas aux critères applicables aux autres groupes de sol (Comité canadien de pédologie, 1978). Ces zones incluent les plaines d'inondation alluviales et les affleurements rocheux, et présentent un potentiel agricole très variable. Aux fins de l'étude, seules les composantes à drainage modéré ou satisfaisant situées sur des pentes de moins de 10 % ont été admises dans ce groupe. Les sols régosoliques n'occupent que 1 % des terres agricoles des Prairies.

Analyse des groupes d'utilisation des terres

Les moyens mis en œuvre pour élaborer les critères applicables aux groupes d'utilisation des terres agricoles étaient les suivants :

- une analyse statistique du recensement agricole
- un examen expert
- la définition des critères.

Ces démarches ont permis la création de 13 groupes de pratiques d'utilisation des terres caractérisés par des pratiques d'utilisation des terres et d'exploitation agricole distinctes.

Dans un premier temps, huit variables du recensement agricole de 1996 ont été utilisées pour grouper les polygones PPC. Ces variables comprenaient les intrants (engrais et produits chimiques) par hectare cultivé ou de pâturage, le nombre de vaches de boucherie, la superficie consacrée aux céréales, la superficie en jachère ainsi que les superficies de cultures oléagineuses, de lin et de légumineuses à graines par ferme. Les données provenant de 1 215 polygones PPC de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba ont été calculées au moyen de l'analyse à classification automatique et à classification hiérarchique à K moyennes. Chaque technique de classification a produit 15 groupes distincts qui ont eux-mêmes produit, par croisement des données, 55 différents groupes séparés de polygones PPC. Ces 55 groupes ont été manuellement combinés en 32 groupes, sur inspection visuelle des huit variables. Pour grouper davantage les utilisations des terres semblables, on a assorti les données des cotes *très élevé, élevé, moyen, faible* et *très faible* pour exprimer le pourcentage des superficies en foin et en pâturage, en céréales, en jachère ainsi qu'en cultures dicotylédones, telles que les graines oléagineuses, le lin et les légumineuses à graines. Cette approche a permis de réduire le nombre de groupes de 32 à 15, compte tenu du profil général d'utilisation des terres. À cette étape, les responsables de l'étude ont obtenu les données de 30 polygones dans la région de la Rivière-de-la-Paix, en Colombie-Britannique. Ces données ont été ajoutées au groupe approprié.

Les 15 groupes préliminaires ont été tracés sur une carte de l'ensemble des Prairies. Aux fins de cette carte, 1 666 polygones ont été utilisés, dont 1 245 représentaient différents modes d'utilisation des terres, 137 représentaient des masses d'eau et 286 manquaient de données de recensement agricole. Les polygones *sans données* représentaient des polygones non agricoles dans la zone agricole (p. ex., les collines Pasquia dans le nord-est de la Saskatchewan), ou des données comprises à l'origine mais supprimées par Statistique Canada à cause du faible nombre de producteurs (moins de 15 fermes) dans le polygone.

À la grandeur des Prairies, les spécialistes de conservation de l'ARAP ont passé en revue les cartes préliminaires et ont identifié un certain nombre de cas où l'analyse et le tracé ne concordaient pas avec leurs connaissances des pratiques agricoles de leur région. Cinq types de difficultés ont ainsi été cernés :

- les groupes avaient besoin de descriptions plus précises
- certains polygones semblaient être classés dans des groupes non appropriés compte tenu des principales caractéristiques des terres
- deux groupes (5 et 11) ne représentaient pas de pratiques agricoles distinctes du fait de la trop grande variabilité des principales caractéristiques des terres
- les régions dont les données de recensement avaient été éliminées n'étaient pas comprises dans l'analyse
- les terres irriguées n'étaient pas traitées séparément.

Si la technique de regroupement a permis de réduire les disparités globales des variables à l'intérieur d'un groupe, elle n'a pas atténué pour autant les disparités dans les variables principales qui ont permis de définir le groupe en question. Par conséquent, il a fallu recourir à l'analyse statistique pour obtenir des modèles conceptuels des groupes de pratiques agricoles, lesquels ont été utilisés pour établir des critères spécifiques par le biais d'avis experts. À titre d'exemple, certains groupes représentaient de vastes zones de pâturages, des surfaces élevées de jachère ou des superficies composées de cultures diverses. En utilisant les modèles conceptuels des groupes préliminaires et en choisissant des variables déterminantes ou descriptives, il a été possible de mieux discerner les rapports entre les groupes spécifiques. La classification finale a permis d'obtenir 13 groupes de pratiques agricoles (les groupes 5 et 11 ayant été éliminés).

Ces groupes sont définis en fonction du pourcentage de terres en pâturage, en jachère et en cultures diverses ainsi que selon la taille de la ferme et

la quantité d'intrants. Les critères utilisés pour différencier les groupes de pratiques agricoles sont présentés au tableau 4.1. Pour faciliter la compréhension des rapports entre les groupes de pratiques agricoles, les groupes en question ont été répartis en cinq grandes catégories.

Après avoir classé les polygones dans les groupes appropriés, quelques polygones ne répondaient pas exactement aux critères ou auraient pu être admis dans plus d'un groupe. Ces polygones ont généralement été placés dans le même groupe que les polygones environnants qui présentaient des caractéristiques semblables. Les polygones appartenant au départ aux groupes 5 et 11 ont été placés dans d'autres groupes appropriés et ont donc été éliminés.

Les zones sans données ont été considérées comme un groupe unique aux fins de l'étude. Les données du recensement agricole pour ces polygones ne sont pas disponibles et ne peuvent donc pas être rangées dans les groupes de pratiques agricoles. Le groupe sans données représente [illegible] des terres agricoles et 1,4 [illegible] des fermes.

L'irrigation, la valeur totale du capital et la valeur des instruments utilisés pour les cultures ont également été examinées. Ces facteurs [illegible] sont pas bien corrélés avec les

Tableau 4.1 Critères de détermination des groupes de pratiques agricoles.

<table>
<tr><th>Variable</th><th colspan="7">Critère/Groupe</th></tr>
<tr><td>Pâturage</td><td colspan="2">Pâturage dominant
Pâturage > 70 %</td><td colspan="2">Pâturage prédominant
Pâturage 40 - 70 %</td><td colspan="3">Cultures predominantes
(Pâturage < [illegible])</td></tr>
<tr><td>Taille de la ferme</td><td>Groupe 3
Tres grandes fermes
(> 540 ha)</td><td>Groupe 6
Fermes petites a grandes
(< 540 ha)</td><td colspan="2"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Intrants</td><td colspan="2"></td><td>Groupe 12
Intrants élevés
(> 64 $/ha)</td><td>Groupe 9
Faibles intrants
(< 64 $/ha)</td><td colspan="3">Cultures predominantes lin
(Lin > 2 [illegible])</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Jachere</td><td colspan="4" rowspan="2">Lin</td><td>Jachere moyenne
(15 - 30 %)</td><td colspan="2">Jachere tres restreinte
(< 15 %)</td></tr>
<tr><td>Groupe 15</td><td>Groupe 14
Paturage moyen
(20 - 50 %)</td><td>Groupe 17
Paturage tres restreint
(< 20 %)</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td>Cultures predominantes, jachere importante
Jachere (> 25 %)</td><td colspan="2">Cultures predominantes, jachere restreinte
Jachere (< 25 %)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Legumineuses a graines</td><td>Groupe 13
Legumineuses a graines > 4 %</td><td colspan="2">Groupe 2
Legumineuses a graines > 2,6 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">Graines oleagineuses</td><td>Groupe 4
Graines oleagineuses > 8 %</td><td colspan="2">Groupe 13
Graines oleagineuses > 24 %</td></tr>
<tr><td colspan="4">Cereales</td><td>Groupe 1
(Groupes 4 et 13 exclus)</td><td colspan="2">Groupe 8
(Groupes 2 et 13 exclus)</td></tr>
</table>

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes presentes en legende à la carte 4.1

la quantité d'intrants. Les critères utilisés pour différencier les groupes de pratiques agricoles sont présentés au tableau 4.1. Pour faciliter la compréhension des rapports entre les groupes de pratiques agricoles, les groupes en question ont été répartis en cinq grandes catégories.

Après avoir classé les polygones dans les groupes appropriés, quelques polygones ne répondaient pas exactement aux critères ou auraient pu être admis dans plus d'un groupe. Ces polygones ont généralement été placés dans le même groupe que les polygones environnants qui présentaient des caractéristiques semblables. Les polygones appartenant au départ aux groupes 5 et 11 ont été placés dans d'autres groupes appropriés et ont donc été éliminés.

Les zones sans données ont été considérées comme un groupe unique aux fins de l'étude. Les données de recensement agricole pour ces polygones ne sont pas disponibles et ne peuvent donc pas être rangées dans les groupes de pratiques agricoles. Le groupe sans données représente 3 % des terres agricoles et 1,4 % des fermes.

L'irrigation, la valeur totale des capitaux et la valeur des instruments utilisées pour les cultures ont également été examinées. Ces facteurs ne se sont pas bien corrélés avec les

Tableau 4.1 Critères de détermination des groupes de pratiques agricoles.

<table>
<tr><th>Variable</th><th colspan="4">Critère/Groupe</th></tr>
<tr><td>Pâturage</td><td colspan="2">Pâturage dominant
Pâturage > 70 %</td><td colspan="2" rowspan="2">Cultures prédominantes
Pâturage < 50 %</td></tr>
<tr><td>Taille de la ferme</td><td>Groupe 3
Très grandes fermes
(> 540 ha)</td><td>Groupe 6
Fermes petites à grandes
(< 540 ha)</td></tr>
<tr><td>Intrants</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">Cultures prédominantes lin
Lin > 2 %</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Jachère</td><td colspan="2" rowspan="2">Lin</td><td>Jachère moyenne
(15 - 30 %)</td><td colspan="2">Jachère très restreinte
(< 15 %)</td></tr>
<tr><td>Groupe 15</td><td>Groupe 14
Pâturage moyen
(20 - 50 %)</td><td>Groupe 17
Pâturage très restreint
(< 20 %)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Cultures prédominantes, jachère importante
Jachère (> 25 %)</td><td colspan="2">Cultures prédominantes, jachère restreinte
Jachère (< 25 %)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Légumineuses à graines</td><td>Groupe 13
Légumineuses à graines > 4 %</td><td colspan="2">Groupe 2
Légumineuses à graines > 2,6 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">Graines oléagineuses</td><td>Groupe 4
Graines oléagineuses > 8 %</td><td colspan="2">Groupe 13
Graines oléagineuses > 24 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">Céréales</td><td>Groupe 1
(Groupes 4 et 13 exclus)</td><td colspan="2">Groupe 8
(Groupes 2 et 13 exclus)</td></tr>
</table>

Nota : Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1.

pratiques agricoles. Les petits projets d'irrigation sont plus ou moins dispersés à travers les Prairies, dont plusieurs près des grandes rivières. Les superficies de terres irriguées sont présentées dans le sommaire des données de groupes (tableau 4.4).

D'autres facteurs du recensement ont été examinés afin de déterminer s'il existait un rapport entre les PPC et les pratiques agricoles. Les élevages intensifs tels que les porcheries, les parcs d'engraissement et les poulaillers ne semblent être associés à aucun type de pédo-paysage particulier. L'emplacement de ce type d'élevage peut dépendre de facteurs tels que l'accessibilité des marchés, des capitaux d'investissement, des infrastructures, et parfois des antécédents en matière de programmes et d'incitatifs du gouvernement. Statistique Canada écarte souvent les données portant sur les entreprises de grande envergure afin de préserver l'anonymat des répondants.

Autres caractéristiques du paysage

En établissant un rapport spatial entre le pédo-paysage et les pratiques d'utilisation des terres, il est possible d'élucider davantage l'état des ressources pédologiques. Avant de pouvoir réaliser une analyse complète, les responsables de l'étude ont tenté de décrire les groupes de pratiques agricoles en tenant compte de l'érosion du sol, de la salinité, de la qualité des terres, de la teneur en matière organique, de la qualité de l'eau et de la biodiversité.

Les descriptions des groupes de pratiques agricoles ainsi que des cartes de risque d'érosion élaborées à l'aide de l'équation universelle des pertes en terre et de l'équation d'érosion éolienne ont été utilisées pour estimer le risque global d'érosion encouru par les terres cultivées. Le classement du risque d'érosion représente une comparaison des groupes de pratiques agricoles plutôt qu'une estimation des taux réels d'érosion.

Photo: Dave Reeds

Le risque de salinité a été évalué en appliquant les classes de risque de salinité des polygones PPC (Eilers *et al.*, 1997) aux terres cultivées dans chaque groupe de pratiques agricoles.

Les pratiques qui réduisent la perturbation de la terre et qui maximisent le couvert végétal permanent enrichissent la terre en matière organique et améliorent les sols. La perte de matière organique est un problème plus grave dans les terres cultivées que dans les pâturages. La superficie de couvert végétal permanent a été estimée d'après le pourcentage des terres en luzerne, en foin et en graines fourragères. Le degré de perturbation est déterminé par le pourcentage de terres cultivées en jachère et par le pourcentage de terres cultivées déclarées en régime de travail minimum. En outre, les responsables de l'étude ont calculé le pourcentage de fermes qui ont déclaré avoir pratiqué le travail minimum du sol ainsi que le pourcentage de fermes qui ont déclaré avoir pratiqué la jachère mais qui n'ont pas déclaré de jachère cultivée.

Dans le groupe de pratiques agricoles de *cultures prédominantes*, la vulnérabilité de la qualité de l'eau de surface aux activités agricoles a été évaluée à l'aide d'une méthode modifiée de Cross *et al.* (1995). Selon cette méthode, afin d'établir des classes de vulnérabilité, on a caractérisé chaque polygone de PPC selon trois classes potentielles de ruissellement et d'apport de sédiments, d'une part, et, de

l'autre, selon l'intensité des pratiques agricoles, notamment l'utilisation d'engrais et de pesticides et la charge de bétail. Le pourcentage de terres cultivées dans chaque classe de vulnérabilité des eaux de surface a été calculé pour les neuf groupes de pratiques agricoles visant les cultures annuelles prédominantes.

Tous les paysages, y compris les agro-écosystèmes, fournissent un certain habitat pour la faune et contribuent à l'équilibre écologique de la biodiversité. Cependant, dans l'ensemble des paysages agricoles des Prairies canadiennes, les diverses activités humaines, y compris l'agriculture, ont réduit la superficie et la qualité des espaces naturels accessibles à la faune. L'analyse de ces paysages prouve que les habitats fauniques de choix se trouvent généralement dans les espaces de végétation indigène.

Neave *et al.* (1999) ont démontré que les espaces agricoles situés dans les catégories *Terres naturelles de parcours* (végétation indigène) et *Toutes les autres terres* (cours de ferme, boisés et marais) fournissent la plupart des unités d'utilisation d'habitat faunique, et peuvent servir d'indicateur de disponibilité et de biodiversité des habitats fauniques. Dans le cadre de l'étude des paysages agricoles des Prairies, cet indicateur a été appliqué à chacun des 13 groupes de pratiques agricoles et a été exprimé en pourcentage des terres agricoles de chaque groupe et en pourcentage des superficies totales couvertes de végétation indigène.

Description des groupes de pratiques agricoles

Dans cette section, la description de chacun des 13 groupes de pratiques agricoles tient compte de l'emplacement, des pédo-paysages, du potentiel agricole et des pratiques agricoles. De brefs commentaires ont été formulés au sujet de l'état des terres au plan de la qualité du sol, de la richesse en matière organique, de l'érosion, de la salinité, de la qualité de l'eau, de la conduite des parcours et de la disponibilité des habitats fauniques. L'information est ordonnée selon les principaux groupes de pratiques agricoles et récapitulée dans plusieurs tableaux et graphiques.

La répartition des groupes de pratiques agricoles est décrite à la carte 4.1. Les données de recensement agricole sont récapitulées par groupe de pratiques agricoles en fonction des statistiques de superficies (tableau 4.2), la production de fourrage et de bétail (tableau 4.3) et les emblavures annuelles (tableau 4.4). L'utilisation des terres de tous les groupes de pratiques agricoles est décrite à la figure 4.11, tandis que la répartition des superficies fourragères et de pâturage du groupe à *forte dominance de pâturages* et du groupe de *pâturages prédominants* est présentée à la figure 4.12. Enfin, la répartition des cultures annuelles est présentée à la figure 4.13. Chaque groupe est assorti d'un tableau présentant la répartition des pédo-paysages (tableaux 4.9 à 4.21). Pour chaque groupe de pratiques agricoles, des tableaux décrivent également le risque de salinité (tableau 4.5), les efforts en matière de conservation des sols (tableau 4.6), la vulnérabilité des eaux de surface (tableau 4.7) et la répartition de la végétation naturelle (tableau 4.8).

Grand groupe - forte dominance de pâturages

Deux groupes de pratiques agricoles, dans lesquels plus de 70 % des superficies agricoles totales étaient utilisées pour le pâturage et la production de foin, ont été inclus dans le grand groupe *Forte dominance de pâturages*. La variable la plus significative en ce qui concerne de distinguer ces deux groupes était la taille des exploitations agricoles, qui tenait compte à la fois des pâturages et des terres cultivées. Dans les Prairies, 25 % des fermes occupent plus de 539 hectares. Une valeur de 540 hectares a donc été utilisée pour distinguer la catégorie *Forte dominance de pâturages, très grandes fermes* (*groupe 3*), dont la taille moyenne par ferme (superficie totale des fermes divisée par le nombre de fermes) dépassait 540 hectares, de la catégorie *Forte dominance de pâturages, fermes petites à grandes* (*groupe 6*).

Forte dominance de pâturages, très grandes fermes (groupe 3)

Le groupe 3 se rencontre principalement dans le sud-est de l'Alberta et le sud-ouest de la Saskatchewan ainsi que dans certaines parties de la région d'Entre-les-Lacs au Manitoba. Le groupe occupe les sols des Prairies les moins bien adaptés aux cultures annuelles (tableau 4.9). Les moraines bosselées, les paysages en bosses et creux et les moraines striées constituent un relief trop accidenté pour la culture; ce type de relief occupe près d'un tiers de la superficie du groupe 3.

Tableau 4.2 Superficies agricoles, nombre de fermes, taille des fermes et intrants des groupes de pratiques agricoles.

Groupes de pratiques agricoles	Superficies des PPC (000 ha)	Superficies des PPC (% du total)	Terres agricoles (% des PPC)	Nombre de fermes	Nombre de fermes (% du total)	Superficies agricoles totales (000 ha)	Superficies agricoles totales (% du total)	Taille des fermes (ha)	Herbicides et engrais ($/ha)
3	6 231	8.4	76.0	4 185	3.0	4 736	8.8	1 131	49
6	5 482	7.4	49.8	9 922	7.1	2 730	5.0	275	88
12	8 507	11.4	67.3	20 909	15.0	5 725	10.6	273	94
9	8 239	11.1	59.3	9 780	7.0	4 887	9.0	500	39
13	1 396	1.9	101.3	2 715	2.0	1 414	2.6	521	36
4	3 656	4.9	98.9	6 576	4.7	3 617	6.7	550	43
1	5 614	7.5	97.6	9 642	6.9	5 477	10.1	568	27
7	4 569	6.1	95.1	13 254	9.5	4 345	8.0	327	99
14	3 583	4.8	91.0	10 327	7.4	3 260	6.0	316	99
15	5 057	6.8	92.0	12 036	8.6	4 651	8.6	386	58
10	3 491	4.5	44.3	4 125	3.0	1 545	2.9	374	87
2	6 835	9.2	93.2	19 294	13.8	6 369	11.8	330	78
8	6 960	9.3	77.5	16 789	12.0	5 396	10.0	321	77
sans données	4 915	6.6							
	74 536	**100.0**	**72.7**	**139 554**	**100.0**	**54 154**	**100.0**	**389**	**68**

Nota : Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1

Tableau 4.3 Sommaire de l'utilisation des terres pour l'élevage bovin dans les groupes de pratiques agricoles.

Groupes de pratique agricoles	Pâturages et foin (%)[1]	Fermes ayant déclaré					Bovins (nombre par élevage de bovins)	Fermes ayant déclaré	
		Pâturage non amélioré (%)[2]	Pâturage amélioré (%)[2]	Semences fourragères (%)[2]	Luzerne (%)[2]	Foin (%)[2]		Bovins (%)[2]	Vaches de boucherie (%)[2]
3	81	81	47	1.7	44	21	262	75	70
6	78	78	45	0.7	40	36	132	72	64
12	56	56	46	2.6	48	26	154	66	58
9	57	57	44	1.8	40	25	138	66	61
13	19	19	30	0.6	19	10	93	39	36
4	20	55	30	0.5	21	11	115	46	42
1	21	52	28	0.3	18	9	109	41	38
7	13	13	24	4.1	31	10	75	33	28
14	30	30	34	2.1	47	18	99	57	50
15	21	21	31	0.7	30	14	96	46	42
10	28	28	35	13.0	34	23	98	38	34
2	25	51	33	2.4	30	17	105	46	41
8	30	30	36	2.4	35	18	125	53	47
Moyenne	**40**	**60**	**37**	**2.2**	**35**	**19**	**128**	**55**	**49**

[1] % des terres [2] % des fermes

Nota : Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1

Tableau 4.2 Superficies agricoles, nombre de fermes, taille des fermes et intrants des groupes de pratiques agricoles.

Groupes de pratiques agricoles	Superficies des PPC (000 ha)	Superficies des PPC (% du total)	Terres agricoles (% des PPC)	Nombre de fermes	Nombre de fermes (% du total)	Superficies agricoles totales (000 ha)	Superficies agricoles totales (% du total)	Taille des fermes (ha)	Herbicides et engrais ($/ha)
3	6 231	8.4	76.0	4 185	3.0	4 736	8.8	1 131	49
6	5 482	7.4	49.8	9 922	7.1	2 730	5.0	275	88
12	8 507	11.4	67.3	20 909	15.0	5 725	10.6	273	94
9	8 239	11.1	59.3	9 780	7.0	4 887	9.0	500	39
13	1 396	1.9	101.3	2 715	2.0	1 414	2.6	521	36
4	3 656	4.9	98.9	6 576	4.7	3 617	6.7	550	43
1	5 614	7.5	97.6	9 642	6.9	5 477	10.1	568	27
7	4 560	6.1	95.1	13 254	9.5	4 347	8.0	327	50
14	3 583	4.8	91.0	10 327	7.4	3 259	6.0	316	50
15	5 057	6.8	92.0	12 036	8.6	4 653	8.6	386	58
10	3 491	4.5	44.3	4 125	3.0	1 545	2.9	374	87
2	6 835	9.2	93.2	19 294	13.8	6 369	11.8	330	78
8	6 960	9.3	77.5	16 789	12.0	5 396	10.0	321	77
sans données	4 915	6.6							
	74 536	**100.0**	**72.7**	**139 554**	**100.0**	**54 154**	**100.0**	**389**	**68**

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes presentes en legende à la carte 4.1

Tableau 4.3 Sommaire de l'utilisation des terres pour l'élevage bovin dans les groupes de pratiques agricoles.

Groupes de pratique agricoles	Pâturages et foin (%)[1]	Fermes ayant déclaré					Bovins (nombre par élevage de bovins)	Fermes ayant déclaré	
		Pâturage non amélioré (%)[2]	Pâturage amélioré (%)[2]	Semences fourragères (%)[2]	Luzerne (%)[2]	Foin (%)[2]		Bovins (%)[2]	Vaches de boucherie (%)[2]
3	81	81	47	1.7	44	21	262	75	70
6	78	78	45	0.7	40	36	132	72	64
12	56	56	46	2.6	48	26	154	66	58
9	57	57	44	1.6	40	25	138	66	61
13	19	19	30	0.6	19	10	93	39	36
4	20	55	30	0.5	21	11	115	46	42
1	21	52	28	0.3	18	9	109	41	38
7	13	13	24	4.1	31	10	75	33	28
14	30	30	34	2.1	47	18	96	52	50
15	21	21	31	0.7	30	14	96	46	42
10	28	28	35	13.0	34	23	98	38	34
2	25	51	33	2.4	30	17	105	46	41
8	30	30	36	2.4	35	18	125	53	47
Moyenne	**40**	**60**	**37**	**2.2**	**35**	**19**	**128**	**55**	**49**

[1] % des terres [2] % des fermes

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes presentes en legende à la carte 4.1

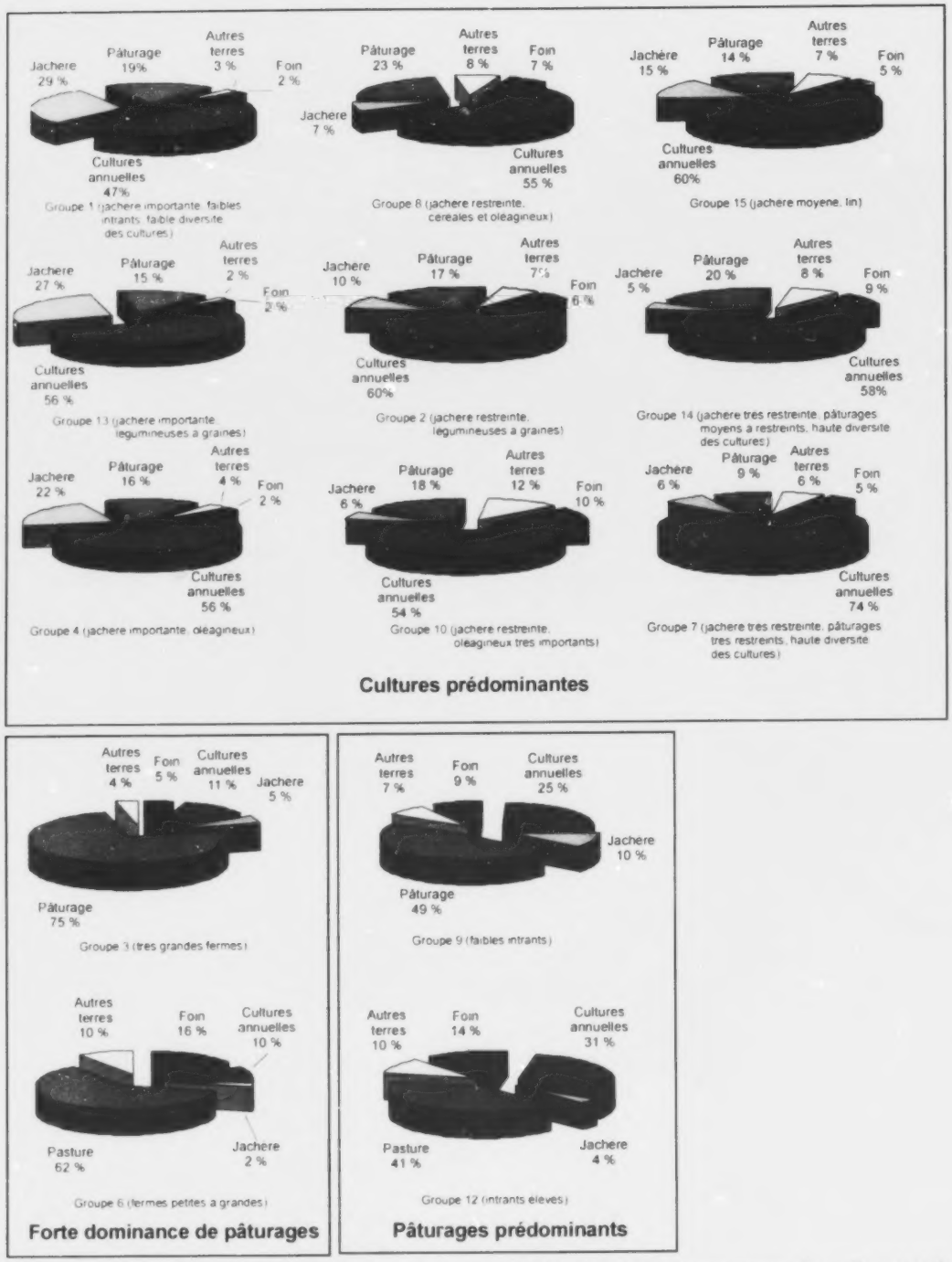


Figure 4.11 Pourcentage des terres agricoles selon le type d'utilisation dans chaque groupe de pratiques agricoles.

Tableau 4.4 Sommaire de l'utilisation des terres pour les cultures annuelles dans les groupes de pratiques agricoles.

Groupe de pratique agricoles	Terres cultivées (000 ha)	Terres en culture (%)[3]	Irrigation		Jachère		Céréales			Oléagineux		Lin		Légumineuses à graines		
			Superficie (ha)	Fermes (%)	Superficie (ha)[1]	Fermes (%)	Superficie (ha)[1]	Fermes à blé (%)	Fermes à orge (%)	Superficie (ha)[1]	Fermes à canola (%)	Superficie (ha)	Exploit (%)	Superficie (ha)	Fermes à pois (%)	Fermes à lentilles (%)
3	764	82	56 598	14.8	25	42	59	31	27	6	12	0,1	1.6	0.2	1.6	0.8
6	333	75	45 952	7.2	17	17	66	8	22	3	5	0.1	0.4	0.1	0.6	0.3
9	1 703	89	12 272	3.4	26	52	60	44	34	7	18	0.3	1.8	0.4	2.3	1.1
12	1 967	86	169 583	6.4	12	28	71	31	46	12	22	0.4	1.8	0.7	2.6	0.2
13	1 145	97	16 120	8.8	33	87	53	75	38	6	28	0.5	5.0	6.2	8.6	24.2
4	2 810	96	32 083	4.1	29	83	55	86	51	12	48	0.7	6.7	1.3	6.7	4.8
1	4 169	97	29 397	5.5	39	89	56	79	29	2	9	0.1	2.5	0.9	2.4	6.1
7	3 498	94	8 312	1.6	9	46	62	75	60	17	56	5.3	25.8	4.9	17.7	1.5
14	2 023	92	8 809	1.4	9	41	66	64	49	15	40	5.1	20.9	1.9	5.8	1.5
15	3 446	96	5 356	1.0	20	68	59	74	50	13	42	4.3	21.1	2.2	8.6	4.1
10	884	94	476	1.0	12	37	53	54	41	31	55	0.1	2.1	2.1	9.1	0.1
2	4 478	93	78 865	3.8	14	52	61	66	54	16	49	0.7	4.8	5.8	17.9	4.3
8	3 326	89	135 397	5.6	13	43	65	57	53	15	39	0.3	2.6	0.7	4.6	0.4
	0 646	**90**	**699 227**	**5.1**	**19**	**50**	**62**	**64**	**43**	**11**	**30**	**1.1**	**6.7**	**1.8**	**6.3**	**2.7**

[1] pourcentage de fermes, [2] pourcentage de fermes à cultures, [3] pourcentage de terres cultivées
Nota : Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1

Tableau 4.4 Sommaire de l'utilisation des terres pour les cultures annuelles dans les groupes de pratiques agricoles.

Groupe de pratique agricoles	Terres cultivées (000 ha)	Terres en culture (%)	Irrigation Superficie (ha)	Irrigation Fermes (%)	Jachère Superficie (ha)	Jachère Fermes (%)	Céréales Superficie (ha)	Céréales Fermes à blé (%)	Céréales Fermes à orge (%)	Oléagineux Superficie (ha)	Oléagineux Fermes à canola (%)	Lin Superficie (ha)	Lin Exploit. (%)	Légumineuses à graines Superficie (ha)	Légumineuses à graines Fermes à pois (%)	Légumineuses à graines Fermes à lentilles (%)
3	764	82	56 598	14.8	25	42	59	31	27	6	12	0.1	1.6	0.2	1.6	0.8
6	333	75	45 952	7.2	17	17	66	8	22	3	5	0.1	0.4	0.1	5.8	0.3
9	1 703	89	12 272	3.4	26	52	60	44	34	7	18	0.3	1.8	0.4	2.3	1.1
12	1 967	86	169 583	6.4	12	28	71	31	46	12	22	0.4	1.8	0.7	2.6	0.2
13	1 145	97	16 120	9.8	33	87	53	75	38	6	28	0.5	5.0	6.2	8.6	24.2
4	2 810	96	32 083	4.1	29	83	55	86	51	12	48	0.7	6.7	3.3	6.7	4.8
[illegible]	4 165	97	29 397	5.5	39	86	56	79	29	2	9	0.1	2.5	0.5	2.4	4.1
[illegible]	1 498	94	[illegible]	[illegible]	[illegible]	46	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	25.8	[illegible]	[illegible]	[illegible]
14	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	81	64	64	43	[illegible]	41	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	1 446	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	74	[illegible]	13	41	4.1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.7
10	884	94	476	1.0	12	37	53	54	41	31	55	0.1	2.1	2.1	9.1	0.1
2	4 478	93	19 865	3.8	14	52	61	66	54	16	49	0.7	4.8	5.8	17.5	4.3
8	3 326	89	135 397	6.6	13	43	65	57	53	15	39	3.3	2.6	0.7	4.5	3.4
	0 646	90	699 227	6.1	19	60	62	64	43	11	30	1.1	6.7	1.8	6.3	2.7

pourcentage de fermes. " pourcentage de fermes a cultures. 'pourcentage de terres cultivées

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent a celles des grands groupes presentes en legende a la carte 4.1

Tableau 4.5 Pourcentage des terres agricoles en fonction des classes de risque de salinité, par groupe de pratiques agricoles.

Groupe de pratiques agricoles	Risque de salinité					
	Aucun (%)	Faible (%)	Modéré (%)	Modérément élevé (%)	Élevé (%)	Non classé (%)
3	27	18	19	18	9	9
6	41	2	15	14	3	24
12	59	12	9	8	4	7
9	35	23	21	4	6	11
13	0	2	15	42	41	0
4	7	10	22	24	36	0
1	2	12	24	42	20	0
7	19	23	28	2	28	0
14	35	23	16	11	15	0
15	13	30	42	12	4	0
10	72	7	0	0	0	22
2	23	31	26	10	7	4
8	48	25	7	12	5	2
Moyenne	**29**	**19**	**20**	**15**	**12**	**5**

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1

Tableau 4.6 Couvert végétal permanent, jachère et pratiques de travail minimum (conservation) du sol par groupe de pratiques agricoles.

Groupe de pratiques agricoles	Superficies			Fermes	
	Couvert végétal permanent (%)[1]	Jachère (%)[1]	Travail de conservation du sol (%)[1]	Travail de conservation du sol (%)[2]	Jachère de conservation du sol (%)[2]
3	29	29	33	26	30
6	62	18	21	11	28
12	32	11	33	20	40
9	27	29	30	26	37
13	3	33	40	35	39
4	4	28	44	45	42
1	4	39	33	36	36
7	6	8	38	32	46
14	14	9	35	29	41
15	7	20	45	40	43
10	21	11	34	25	49
2	9	14	46	31	50
8	12	12	40	30	50
Moyenne	**14**	**20**	**39**	**29**	**43**

[1] pourcentage de terres cultivées [2] pourcentage de fermes ayant des terres cultivées : exploitations ne déclarant pas de jachère cultivée en pourcentage de fermes déclarant de la jachère

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1

Tableau 4.5 Pourcentage des terres agricoles en fonction des classes de risque de salinité, par groupe de pratiques agricoles.

Groupe de pratiques agricoles	Risque de salinité					
	Aucun (%)	Faible (%)	Modéré (%)	Modérément élevé (%)	Élevé (%)	Non classé (%)
3	27	18	19	18	9	9
6	41	2	15	14	3	24
12	59	12	9	8	4	7
9	35	23	21	4	6	11
13	0	2	15	42	41	0
4	7	10	22	24	36	0
1	2	12	24	42	20	0
7	19	23	28	2	28	0
14	35	23	16	11	15	0
15	13	30	42	12	4	0
10	72	7	0	0	0	22
2	23	31	26	10	7	4
8	48	25	7	12	5	2
Moyenne	**29**	**19**	**20**	**15**	**12**	**5**

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentes en légende à la carte 4.1.

Tableau 4.6 Couvert végétal permanent, jachère et pratiques de travail minimum (conservation) du sol par groupe de pratiques agricoles.

Groupe de pratiques agricoles	Superficies			Fermes	
	Couvert végétal permanent (%)[1]	Jachère (%)[1]	Travail de conservation du sol (%)[1]	Travail de conservation du sol (%)[2]	Jachère de conservation du sol (%)[3]
3	29	29	33	26	30
6	62	18	21	11	28
12	32	11	33	20	40
9	27	29	30	26	37
13	3	33	40	35	39
4	4	28	44	45	42
1	4	39	33	36	36
7	6	8	38	32	46
14	14	9	38	29	41
15	7	20	45	40	43
10	21	11	34	25	49
2	9	14	46	31	50
8	12	12	40	30	50
Moyenne	**14**	**20**	**39**	**29**	**43**

[1] pourcentage de terres cultivées. [2] pourcentage de fermes ayant des terres cultivées. [3] exploitions ne déclarant pas de jachère cultivée en pourcentage de fermes déclarant de la jachère.

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentes en légende à la carte 4.1.

Agriculture et Agroalimentaire Canada
Administration du rétablissement agricole des Prairies

Agriculture and Agri-Food Canada
Prairie Farm Rehabilitation Administration

Paysages agricoles des Prairies - Groupes de pratiques agricoles

Grands groupes de pratiques agricoles

Grand groupe	Groupe de pratiques agricoles
Cultures prédominantes (pâturages < 50 %)*, jachère restreinte (jachère <25 %)**	Groupe 10 - Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants (oléagineux > 24 % **)
	Groupe 2 - Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines (légumineuses à graines > 2,6 % **)
	Groupe 8 - Cultures prédominantes, jachère restreinte, céréales et oléagineux (oléagineux < 24 %**, légumineuses à graines < 2,6 %**, lin < 2 %**)
Cultures prédominantes (pâturages < 50 %), lin (lin > 2 %)**	Groupe 7 - Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturages très restreints, haute diversité des cultures (jachère < 15 %**, pâturages < 20 %*, lin > 2 %**)
	Groupe 14 - Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturages moyens à restreints, haute diversité des cultures (jachère<15%**, pâturages 20-50 %*, lin>2%**)
	Groupe 15 - Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin (lin > 2 % **)
Cultures prédominantes (pâturages < 50 %)*, jachère importante (jachère > 25 %)**	Groupe 13 - Cultures prédominantes, jachère importante, légumineuses à graines (légumineuses à graines > 4 % **)
	Groupe 4 - Cultures prédominantes, jachère importante, oléagineux (oléagineux > 8 % **)
	Groupe 1 - Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants, faible diversité des cultures (intrants < 45 $/ha, oléagineux < 8 %**, légumineuses à graines < 4 %**)
Pâturages prédominants (pâturages 40-70 %)*	Groupe 12 - Pâturages prédominants, intrants élevés (intrants > 65 $/ha)
	Groupe 9 - Pâturages prédominants, faibles intrants (intrants < 65 $/ha)
Forte dominance de pâturages (pâturages > 70 %)*	Groupe 6 - Forte dominance de pâturages, fermes petites à grandes (taille moyenne des fermes < 540 ha)
	Groupe 3 - Forte dominance de pâturages, très grandes fermes (taille moyenne des fermes > 540 ha)
	masse d'eau
	données indéterminées (moins de 15 exploitations dans le polygone)

* en pourcentage des superficies agricoles totales.
** en pourcentage des superficies cultivées

Agglomération urbaine
Comté ou municipalité rurale

Sources:
Statistique Canada, Recensement agricole de 1996; Agriculture et Agroalimentaire Canada, Pédo-paysages du Canada

Projection conique conforme de Lambert

NAD83

Canada

PFRA ARAP

Tableau 4.7 Pourcentage des terres cultivées en fonction du degré de vulnérabilité de la qualité des eaux de surface dans les groupes de pratiques agricoles intitulés *Cultures prédominantes.*

Groupe de pratiques agricoles	Risque de détérioration de la qualité des eaux de surface			
	Faible vulnérabilité (%)	Vulnérabilité moyenne (%)	Vulnérabilité élevée (%)	Vulnérabilité extrême (%)
13	86	10	5	0
4	60	23	13	5
1	77	15	7	0
7	69	19	10	1
14	72	2	16	9
15	83	16	0	0
10	80	6	12	1
2	56	19	23	2
8	44	26	19	11
Moyenne	**66**	**17**	**13**	**4**

Nota : Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1.

Tableau 4.8 Végétation indigène dans les groupes de pratiques agricoles.

Groupes de pratiques agricoles	Végétation indigène (%)[1]	Végétation indigène (%)[2]
3	71,3	20,7
6	58,7	9,8
13	14,5	1,3
4	16,4	3,6
1	18,1	6,1
7	12,8	3,4
14	23,5	4,7
15	17,9	5,1
10	23,8	2,3
2	18,5	7,3
8	23,3	7,7
	30,1	100,0

[1] Pourcentage de pâturages naturels et d'autres terres par rapport aux superficies agricoles

[2] Pourcentage de pâturages naturels et d'autres terres par rapport au total de la colonne

Nota : Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent à celles Des grands groupes présentés en légende à la carte 4.1.

Les étendues du groupe 3 se retrouvent dans toutes les zones de sol, du chernozem brun au luvisol gris. La région située au nord-ouest de Loon Lake (Saskatchewan), le long de la frontière de l'Alberta, est un bon exemple de ces étendues.

Les grandes étendues de sols solonetziques, en particulier dans le sud-est de l'Alberta et le sud-ouest de la Saskatchewan, représentent près d'un cinquième des terrains du groupe 3. Ce type de terrain est caractérisé par des sols bruns solonetziques bien drainés qui se sont formés sur des plaines morainiques ondulantes ou bosselées ainsi que sur des moraines au relief en bosses et creux. Ce type de terrain comporte de faibles étendues de chernozems et de gleysols bruns. Ces sols ont une structure d'une grande dureté qui les

Tableau 4.7 Pourcentage des terres cultivées en fonction du degré de vulnérabilité de la qualité des eaux de surface dans les groupes de pratiques agricoles intitulés *Cultures prédominantes*.

Groupe de pratiques agricoles	Risque de détérioration de la qualité des eaux de surface			
	Faible vulnérabilité (%)	Vulnérabilité moyenne (%)	Vulnérabilité élevée (%)	Vulnérabilité extrême (%)
13	86	10	5	0
4	60	23	13	5
1	77	15	7	0
7	69	19	10	1
14	72	2	16	9
15	83	16	0	0
10	80	6	12	1
2	56	19	23	2
8	44	26	19	11
Moyenne	**66**	**17**	**13**	**4**

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent a celles des grands groupes presentes en legende a la carte 4.1

Tableau 4.8 Végétation indigène dans les groupes de pratiques agricoles.

Groupes de pratiques agricoles	Végétation indigène (%)[1]	Végétation indigène (%)[2]
3	71.3	20.7
6	58.7	9.8
12	39.8	14.0
9	46.6	14.0
13	14.5	1.3
4	16.4	3.6
1	18.1	6.1
7	12.8	3.4
14	23.5	4.7
15	17.9	5.1
10	23.8	2.3
2	18.5	7.3
8	23.3	7.7
	30.1	**100.0**

[1] Pourcentage de pâturages naturels et d'autres terres par rapport aux superficies agricoles

[2] Pourcentage de pâturages naturels et d'autres terres par rapport au total de la colonne

Nota Les couleurs apparaissant dans le tableau correspondent a celles Des grands groupes presentes en legende a la carte 4.1

rend difficiles à cultiver, en particulier dans les régions plus arides des Prairies.

Les sols imparfaitement ou faiblement drainés, caractéristiques des basses plaines salines et des tourbières, représentent également près d'un cinquième de ce groupe. Dans la plupart des cas, ces terres ne sont pas cultivées. Les collines Great Sandhills, dans le sud-ouest de la Saskatchewan, sont un exemple de régosols et de chernozems bruns très sableux et excessivement drainés sur un relief ondulant ou bosselé composé de matériaux éoliens ou fluviaux. La composition sableuse des sols les rend fortement susceptibles à l'érosion éolienne, de sorte qu'on peut y observer des dunes en cours de formation.

Moins d'un quart des terres du groupe 3 sont constituées de chernozems ou de luvisols moyennement ou bien drainés qui pourraient être considérés cultivables. Presque toutes les terres cultivées dans le groupe 3 se trouvent dans des sols bruns ou gris peu propices aux cultures.

Trois quarts des terres des polygones PPC du groupe 3 sont utilisées pour l'agriculture, principalement la production animale. L'élevage de bovins a été déclaré dans 75 % des fermes, à raison de 262 têtes de moyenne par ferme. Plus de 80 % des champs servaient au pâturage ou à la production de foin, dont une assez forte proportion en luzerne (44 %) et en fourrages cultivés (21 %). La taille moyenne des fermes représentait presque trois fois la moyenne des Prairies.

Moins d'un cinquième des terres de ce groupe sont consacrées aux cultures annuelles. Le groupe 3 se caractérise par une faible diversité de cultures. On y rencontre un faible pourcentage de cultures oléagineuses, de légumineuses à graines et de lin, et d'importantes superficies en jachère. La rotation de type jachère-céréales-céréales est courante dans les terres cultivées du groupe 3. Les graines oléagineuses et les autres cultures annuelles remplacent le blé comme première culture dans les rotations de ce type sur environ un dixième des terres.

Dans le groupe 3, le risque global d'érosion éolienne auquel sont exposées les terres cultivées est modéré, en partie à cause de la haute proportion de jachères. Les sols sableux situés aux environs des collines Great Sand Hills sont extrêmement exposés au risque d'érosion éolienne, alors que les sols solonetziques, qui constituent une part importante de ce groupe, sont faiblement exposés à ce risque.

Le risque global d'érosion hydrique est faible en raison de la rareté des tempêtes érosives et des volumes restreints d'eau de fonte des neiges dans la zone de sols bruns. Les sols solonetziques situés sur des reliefs morainiques sont exposés à un risque d'érosion hydrique modéré à cause du faible drainage.

Le risque d'érosion liée au travail du sol est faible. Compte tenu de la proportion de terres en fourrage, le risque global d'érosion dans le groupe 3 passe de moyen à faible.

Bien que le groupe 3 comprenne une part importante de sols solonetziques, la proportion de terres dans chaque classe de risque en matière de salinité se situe près de la moyenne des Prairies. Le risque de salinité varie de modérément élevé à élevé dans 27 % des terres.

Tableau 4.9 Terrains du groupe 3

Forte dominance de pâturages, très grandes fermes		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Relief fortement incliné à montagneux	1 939 660	31
Chernozems ou luvisols modérément ou bien drainés	1 381 123	22
Sols solonetziques	1 169 828	19
Sols imparfaitement à faiblement drainés ou organiques	1 125 309	18
Sols sableux	614 881	10
Total	**6 230 802**	**100**

Tableau 4.10 Terrains du groupe 6

Forte dominance de pâturages, fermes petites à grandes		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Relief fortement incliné à montagneux	1 631 402	30
Luvisols ou chernozems bien drainés	1 600 141	29
Sols faiblement drainés ou organiques	1 192 263	22
Sols imparfaitement drainés	824 703	15
Sols sableux	233 592	4
Total	**5 482 103**	**100**

Les terres du groupe 3 supportent principalement un couvert végétal permanent. Près d'un tiers de la superficie relativement faible de terres cultivées comprises dans le groupe 3 est en jachère. Par ailleurs, le travail minimum du sol a été adopté sur moins d'un tiers de cette superficie, de sorte que les surfaces cultivées de ce groupe pourraient subir une perte de matière organique du sol.

Le groupe 3 constitue un vaste espace de haute diversité biologique naturelle. Presque trois quarts (71 %) des champs de ce groupe étaient couverts de végétation indigène en 1996, ce qui représente un cinquième de tous les espaces en végétation indigène dans les régions agricoles des Prairies.

Pâturage prédominant, petites à grandes fermes (groupe 6)

Le groupe 6 est situé le long des contreforts des Rocheuses en Alberta ainsi que dans la région d'Entre-les-lacs au Manitoba. Ces zones sont peu propices aux cultures, principalement en raison de la topographie ou du niveau de drainage (tableau 4.10). Un tiers des terres du groupe sont caractérisées par une surface bosselée, un relief de bosses et creux ou des surfaces traversées par de profondes ravines et trop accidentées pour la culture. Ces contraintes existent dans toutes les zones de sol, des sols bruns arides aux sols gris pourvus d'humidité. Une autre partie de ce groupe comprend des sols imparfaitement ou faiblement drainés, comme c'est le cas des terres hautement calcaires du nord de la région d'Entre-les-lacs, au Manitoba.

Plus d'un cinquième des terres du groupe 6 sont constituées de luvisols gris modérément ou bien drainés qui pourraient être considérés cultivables, alors qu'une autre portion (7 %) est constituée de sols bruns à gris foncé non propices à la culture. Presque toutes les terres cultivées du groupe 6 se trouvent sur ces deux pédo-paysages.

Comme le groupe 6 se trouve dans la plupart des cas à la lisière des terres agricoles, moins de la moitié des terres situées dans les polygones PPC de ce groupe sont utilisées pour la production agricole, principalement l'élevage bovin. On a recensé du bétail dans 72 % des fermes, mais le nombre de têtes par ferme (132) était nettement inférieur à celui du groupe 3, et près de la moyenne des Prairies. Le pourcentage des terres en pâturage et en foin est semblable à celui du groupe 3, mais le groupe 6 a un pourcentage de terres en foin trois fois plus élevé. Le groupe 6 a également une proportion plus élevée de fermes où le foin est cultivé (36 %), comparativement au groupe 3.

Comme dans le groupe 3, moins d'un quart des champs supportent des cultures annuelles. Les composantes de la rotation de cultures annuelles sont principalement les céréales et la jachère. Les céréales dominantes sont l'orge et l'avoine, en raison de la courte saison de croissance. Seulement 8 % des fermes du groupe 6 cultivent du blé. Ce groupe a un faible pourcentage de terres en graines oléagineuses, en légumineuses à graines et en lin. Les superficies en jachère sont moins importantes, et les dépenses d'intrants sont plus élevés que dans le groupe 3. Environ deux tiers des terres cultivées annuellement suivent une rotation de type jachère-céréales-céréales. Les terres restantes supportent une rotation de type céréales-céréales-oléagineux ou légumineuses à graines.

rend difficiles à cultiver, en particulier dans les régions plus arides des Prairies.

Les sols imparfaitement ou faiblement drainés, caractéristiques des basses plaines salines et des tourbières, représentent également près d'un cinquième de ce groupe. Dans la plupart des cas, ces terres ne sont pas cultivées. Les collines Great Sandhills, dans le sud-ouest de la Saskatchewan, sont un exemple de régosols et de chernozems bruns très sableux et excessivement drainés sur un relief ondulant ou bosselé composé de matériaux éoliens ou fluviaux. La composition sableuse des sols les rend fortement susceptibles à l'érosion éolienne, de sorte qu'on peut y observer des dunes en cours de formation.

Moins d'un quart des terres du groupe 3 sont constituées de chernozems ou de luvisols moyennement ou bien drainés qui pourraient être considérés cultivables. Presque toutes les terres cultivées dans le groupe 3 se trouvent dans des sols bruns ou gris peu propices aux cultures.

Trois quarts des terres des polygones PFC du groupe 3 sont utilisées pour l'agriculture, principalement la production animale. L'élevage de bovins a été déclaré dans 75 % des fermes, à raison de 262 têtes de moyenne par ferme. Plus de 80 % des champs servaient au pâturage ou à la production de foin, dont une assez forte proportion en luzerne (44 %) et en fourrages cultivés (21 %). La taille moyenne des fermes représentait presque trois fois la moyenne des Prairies.

Moins d'un cinquième des terres de ce groupe sont consacrées aux cultures annuelles. Le groupe 3 se caractérise par une faible diversité de cultures. On y rencontre un faible pourcentage de cultures oléagineuses, de légumineuses à graines et de lin, et d'importantes superficies en jachère. La rotation de type jachère-céréales-céréales est courante dans les terres cultivées du groupe 3. Les graines oléagineuses et les autres cultures annuelles remplacent le blé comme première culture dans les rotations de ce type sur environ un dixième des terres.

Dans le groupe 3, le risque global d'érosion éolienne auquel sont exposées les terres cultivées est modéré, en partie à cause de la haute proportion de jachères. Les sols sableux situés aux environs des collines Great Sand Hills sont extrêmement exposés au risque d'érosion éolienne, alors que les sols solonetziques, qui en constituent une part importante de ce groupe, sont faiblement exposés à ce risque.

Le risque global d'érosion hydrique est faible en raison de la rareté des tempêtes érosives et des volumes restreints d'eau de fonte des neiges dans la zone de sols bruns. Les sols solonetziques situés sur des reliefs morainiques sont exposés à un risque d'érosion hydrique modéré à cause du faible drainage.

Le risque d'érosion lié au travail du sol est faible. Compte tenu de la proportion de terres en fourrage, le risque global d'érosion dans le groupe 3 passe de moyen à faible.

Bien que le groupe 3 comprenne une part importante de sols solonetziques, la proportion de terres dans chaque classe de risque en matière de salinité se situe près de la moyenne des Prairies. Le risque de salinité varie de modérément élevé à élevé dans 27 % des terres.

Tableau 4.9 Terrains du groupe 3

Forte dominance de pâturages, très grandes fermes		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Relief fortement incliné à montagneux	1 939 660	31
Chernozems ou luvisols modérément ou bien drainés	1 381 123	22
Sols solonetziques	1 169 828	19
Sols imparfaitement à faiblement drainés ou organiques	1 125 309	18
Sols sableux	614 881	10
Total	**6 230 802**	**100**

Tableau 4.10 Terrains du groupe 6

Forte dominance de pâturages, fermes petites à grandes		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Relief fortement incliné à montagneux	1 631 402	30
Luvisols ou chernozems bien drainés	1 600 141	29
Sols faiblement drainés ou organiques	1 192 263	22
Sols imparfaitement drainés	824 703	15
Sols sableux	233 592	4
Total	**5 482 103**	**100**

Les terres du groupe 3 supportent principalement un couvert végétal permanent. Près d'un tiers de la superficie relativement faible de terres cultivées comprises dans le groupe 3 est en jachère. Par ailleurs, le travail minimum du sol a été adopté sur moins d'un tiers de cette superficie, de sorte que les surfaces cultivées de ce groupe pourraient subir une perte de matière organique du sol.

Le groupe 3 constitue un vaste espace de haute diversité biologique naturelle. Presque trois quarts (71 %) des champs de ce groupe étaient couverts de végétation indigène en 1996, ce qui représente un cinquième de tous les espaces en végétation indigène dans les régions agricoles des Prairies.

Pâturage prédominant, petites à grandes fermes (groupe 6)

Le groupe 6 est situé le long des contreforts des Rocheuses en Alberta ainsi que dans la région d'Entre-les-lacs au Manitoba. Ces zones sont peu propices aux cultures, principalement en raison de la topographie ou du niveau de drainage (tableau 4.10). Un tiers des terres du groupe sont caractérisées par une surface bosselée, un relief de bosses et creux ou des surfaces traversées par de profondes ravines et trop accidentées pour la culture. Ces contraintes existent dans toutes les zones de sol, des sols bruns arides aux sols gris pourvus d'humidité. Une autre partie de ce groupe comprend des sols imparfaitement ou faiblement drainés, comme c'est le cas des terres hautement calcaires du nord de la région d'Entre-les-lacs, au Manitoba.

Plus d'un cinquième des terres du groupe 6 sont constituées de luvisols gris modérément ou bien drainés qui pourraient être considérés cultivables, alors qu'une autre portion (7 %) est constituée de sols bruns à gris foncé non propices à la culture. Presque toutes les terres cultivées du groupe 6 se trouvent sur ces deux pédo-paysages.

Comme le groupe 6 se trouve dans la plupart des cas à la lisière des terres agricoles, moins de la moitié des terres situées dans les polygones PPC de ce groupe sont utilisées pour la production agricole, principalement l'élevage bovin. On a recensé du bétail dans 72 % des fermes, mais le nombre de têtes par ferme (132) était nettement inférieur à celui du groupe 3, et près de la moyenne des Prairies. Le pourcentage des terres en pâturage et en foin est semblable à celui du groupe 3, mais le groupe 6 a un pourcentage de terres en foin trois fois plus élevé. Le groupe 6 a également une proportion plus élevée de fermes où le foin est cultivé (36 %), comparativement au groupe 3.

Comme dans le groupe 3, moins d'un quart des champs supportent des cultures annuelles. Les composantes de la rotation de cultures annuelles sont principalement les céréales et la jachère. Les céréales dominantes sont l'orge et l'avoine, en raison de la courte saison de croissance. Seulement 8 % des fermes du groupe 6 cultivent du blé. Ce groupe a un faible pourcentage de terres en graines oléagineuses, en légumineuses à graines et en lin. Les superficies en jachère sont moins importantes, et les dépenses d'intrants sont plus élevés que dans le groupe 3. Environ deux tiers des terres cultivées annuellement suivent une rotation de type jachère-céréales-céréales. Les terres restantes supportent une rotation de type céréales-céréales-oléagineux ou légumineuses à graines.

Les terres cultivées du groupe 6 sont exposées à un risque d'érosion éolienne moyen à élevé dans le sud-ouest de l'Alberta, à cause du climat sec et venteux et de la forte proportion de superficies en jachère. Le risque d'érosion éolienne est faible dans les sols imparfaitement drainés de la région d'Entre-les-lacs et de l'ouest du lac Manitoba, dans la province du même nom. Les terres sableuses du groupe 6 qui supportent des cultures annuelles sont parfois exposées à un risque élevé d'érosion éolienne.

Le risque d'érosion causée par le travail du sol et l'eau est modéré en raison du relief bosselé qui caractérise une grande partie de la superficie. Le risque global d'érosion pour ce groupe est faible parce qu'une proportion élevée des terres sert à la production fourragère.

Les terres du groupe 6 présentent un risque de salinité variant de faible à négligeable. En effet, le groupe 6 est situé dans une zone de pluviométrie relativement élevée et de faible évaporation, d'où le potentiel réduit de salinisation.

Les champs du groupe 6 supportent principalement un couvert végétal permanent. La superficie relativement modeste de terres cultivées du groupe 6 compte pour moins d'un cinquième de jachère; cependant, les pratiques de conservation du sol ont été adoptées sur moins d'un quart des terres. Les surfaces cultivées de ce groupe pourraient subir des pertes de matière organique, bien que les luvisols gris ne soient naturellement pas riches en matière organique. Le groupe 6 représente une vaste superficie de diversité naturelle. Près de trois cinquièmes (59 %) des champs sont en végétation indigène, ce qui représente un dixième de la végétation indigène des régions agricoles des Prairies.

Grand groupe – pâturages prédominants

Deux groupes de pratiques agricoles, dans lesquels entre 50 et 70 % de la superficie agricole totale sert au pâturage ou à la production de foin, ont été identifiés dans le grand groupe intitulé *Pâturages prédominants*. Plusieurs polygones qui ne répondaient pas aux critères des groupes *Terres cultivées prédominantes* et dont la superficie en pâturage et en foin dépassait 40 % ont été ajoutés aux groupes en question. La variable qui distinguait les deux groupes était l'intensité des cultures, qu'on a mesurée d'après la valeur en dollar des intrants par hectare cultivé. Dans les Prairies, la valeur médiane des intrants s'élève à 65 $/ha. Une valeur de 64 $/ha a été utilisée pour distinguer le groupe *Pâturages prédominants, intrants élevés* (groupe 12), dont le montant moyen d'intrants par hectare cultivé dépasse 64 $, et le groupe *Pâturages prédominants, faibles intrants* (groupe 9).

Pâturages prédominants, intrants élevés (groupe 12)
Les terres du groupe 12 présentent un grand nombre d'entraves aux cultures annuelles, de sorte qu'une proportion accrue de leur superficie est consacrée à la production fourragère, comparativement aux régions voisines. Le relief accidenté est le principal obstacle aux cultures (tableau 4.11). La vaste zone de moraines vallonnées située aux abords de Stettler, en Alberta, est typique de ce groupe. La lisière des contreforts à l'ouest de Calgary ainsi que les monts Riding et Duck, au Manitoba, font aussi partie de ce groupe. Plus d'un quart du groupe comprend des sols imparfaitement ou faiblement drainés, typiques de la région d'Entre-les-lacs, au Manitoba. L'humidité excessive et le manque d'unités thermiques sont peu propices aux cultures annuelles.

Certaines régions du District d'irrigation de l'Est et du District d'irrigation de la rivière Bow, près de Vauxhall (Alberta) sont également représentées dans ce groupe. Les terres sont caractérisées par des sols solonetziques et des sols sableux qui procurent de vastes réserves fourragères ou qui servent à la production de fourrages sous irrigation.

Plus d'un tiers des terres du groupe 12 sont caractérisées par des chernozems ou des luvisols cultivables et sont modérément ou bien drainées. Il s'agit pour la plupart de sols noirs ou gris entremêlés de sols marginaux. Presque toutes les terres cultivées dans le groupe 12 se retrouvent sur ces sols.

Deux tiers des terres du groupe 12 sont consacrées à l'agriculture, notamment l'élevage de bétail et les cultures annuelles. Plus de la moitié des champs sont utilisés pour le pâturage et la production de foin, tandis que deux tiers des fermes ont déclaré 154 têtes de bétail de moyenne. Une proportion relativement élevée de fermes produisent de la luzerne (48 %) et des fourrages cultivés (26 %). Le groupe 12 compte 15 % de toutes les fermes des Prairies mais seulement 10 % des terres, de sorte que la superficie moyenne

par ferme (273 ha) représente moins de trois quarts de la superficie moyenne des fermes des Prairies. Plus d'un tiers (35 %) des superficies agricoles du groupe sont consacrées aux cultures annuelles. L'assolement est caractérisé par une portion élevée de céréales, une faible portion de jachère et une portion moyenne de graines oléagineuses (12 %). La zone comporte un faible pourcentage de légumineuses à graines et de lin. Environ un quart des fermes possédant des cultures ont déclaré des superficies en jachère. Plus de fermes ont déclaré d'orge que de blé, et les coûts des produits chimiques et des engrais appliqués sur les terres cultivées étaient élevés (94 $/ha). Le foin et la luzerne s'insèrent souvent dans la rotation, à côté des céréales et des graines oléagineuses.

Le risque d'érosion éolienne sur les terres cultivées du groupe 12 est globalement modéré. Le risque est moindre dans les polygones des régions nordiques que dans ceux du Manitoba, en raison de la faible intensité des vents et des conditions d'humidité. Les sols sableux et les champs travaillés annuellement des régions venteuses de Pincher Creek et

du territoire de la Première nation des Gens-du-Sang, en Alberta, craignent particulièrement l'érosion éolienne lorsqu'ils sont dénudés.

De façon générale, le risque d'érosion hydrique est faible dans les terres cultivées. La partie sud des contreforts des Rocheuses et la partie nord des collines Swan Hills, en Alberta, sont fortement exposées au risque d'érosion hydrique à cause de la plus forte déclivité des pentes et de l'important volume d'eau de fonte des neiges. Les terres cultivées qui entourent les monts Duck et Riding, au Manitoba, craignent également fortement l'érosion hydrique. Le risque d'érosion lié au travail du sol est modéré dans les terres au relief bosselé, mais est contré dans une certaine mesure par la prépondérance de céréales dans la rotation. Les cotes globales d'érosion pour ce groupe sont faibles en raison du pourcentage élevé de terres supportant des cultures fourragères.

Les terres du groupe 12 présentent un faible risque de salinité. Le groupe 12 est en

Tableau 4.11 Terrains du groupe 12

Pâturages prédominants, intrants élevés

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Relief fortement incliné à montagneux	2 192 524	26
Sols gris foncé ou luvisols modérément ou bien drainés	1 651 222	19
Sols bruns, brun foncé ou noirs modérément ou bien drainés	1 636 663	19
Sols noirs, gris foncé ou luvisols imparfaitement drainés	1 365 620	16
Sols faiblement drainés ou organiques	1 034 455	12
Sols sableux	626 633	7
Total	**8 507 117**	**100**

par ferme (273 ha) représente moins de trois quarts de la superficie moyenne des fermes des Prairies. Plus d'un tiers (35 %) des superficies agricoles du groupe sont consacrées aux cultures annuelles.
L'assolement est caractérisé par une portion élevée de céréales, une faible portion de jachère et une portion moyenne de graines oléagineuses (12 %). La zone comporte un faible pourcentage de légumineuses à graines et de lin. Environ un quart des fermes possédant des cultures ont déclaré des superficies en jachère. Plus de fermes ont déclaré d'orge que de blé, et les coûts des produits chimiques et des engrais appliqués sur les terres cultivées étaient élevés (94 $/ha). Le foin et la luzerne s'insèrent souvent dans la rotation, à côté des céréales et des graines oléagineuses.

Le risque d'érosion éolienne sur les terres cultivées du groupe 12 est globalement modéré. Le risque est moindre dans les polygones des régions nordiques que dans ceux du Manitoba, en raison de la faible intensité des vents et des conditions d'humidité. Les sols sableux et les champs travaillés annuellement des régions venteuses de Pincher Creek et

du territoire de la Première nation des Gens-du-Sang, en Alberta, craignent particulièrement l'érosion éolienne lorsqu'ils sont dénudés.

De façon générale, le risque d'érosion hydrique est faible dans les terres cultivées. La partie sud des contreforts des Rocheuses et la partie nord des collines Swan Hills, en Alberta, sont fortement exposées au risque d'érosion hydrique à cause de la plus forte déclivité des pentes et de l'important volume d'eau de fonte des neiges. Les terres cultivées qui entourent les monts Duck et Riding, au Manitoba, craignent également fortement l'érosion hydrique. Le risque d'érosion lié au travail du sol est modéré dans les terres au relief bosselé, mais est contré dans une certaine mesure par la prépondérance de céréales dans la rotation. Les cotes globales d'érosion pour ce groupe sont faibles en raison du pourcentage élevé de terres supportant des cultures fourragères.

Les terres du groupe 12 présentent un faible risque de salinité. Le groupe 12 est en

Tableau 4.11 Terrains du groupe 12

Pâturages prédominants, intrants élevés

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Relief fortement incliné à montagneux	2 192 524	26
Sols gris foncé ou luvisols modérément ou bien drainés	1 651 222	19
Sols bruns, brun foncé ou noirs modérément ou bien drainés	1 636 663	19
Sols noirs, gris foncé ou luvisols imparfaitement drainés	1 365 620	16
Sols faiblement drainés ou organiques	1 034 455	12
Sols sableux	626 633	7
Total	**8 507 117**	**100**

effet situé dans une zone de pluviométrie relativement élevée et d'évaporation relativement faible, ce qui limite le potentiel de salinisation. Les zones irriguées du groupe 12, en Alberta, sont sensiblement plus exposées au risque de salinité.

Les terres agricoles du groupe 12 supportent principalement un couvert végétal permanent. Les terres cultivées représentent environ un dixième de jachère; cependant, le travail minimum du sol a été adopté dans moins d'un tiers des terres et des fermes. Les pertes de matière organique sont peu probables dans les terres cultivées de ce groupe.

Le groupe 12 représente un vaste territoire de diversité naturelle. Deux cinquièmes des champs sont couverts de végétation indigène, ce qui représente presque un sixième (14 %) de la végétation indigène des terres agricoles des Prairies.

Pâturages prédominants, faibles intrants (groupe 9)
Les terres du groupe 9 se situent principalement sur des reliefs accidentés, ou dans la zone de sols bruns ou brun foncé, ou encore à la lisière des terres cultivées annuellement en Alberta et dans le nord-ouest de la Saskatchewan. Plus d'un quart de la superficie de ce groupe est située sur des moraines à relief en bosses et creux, typiques du *Missouri Coteau* (tableau 4.12). Ces superficies sont généralement trop raides pour la culture, bien que l'on rencontre des champs cultivés sur des pentes plus douces situées à l'intérieur de ce type de paysage. On rencontre également dans ces terres des dépressions imparfaitement ou faiblement drainées.

Le groupe 9 comporte également des terres sableuses de la zone des sols bruns et brun foncé. Dans ces terres, on cultive souvent le seigle d'automne pour le pâturage ou la coupe de fourrage vert. Les terres sableuses situées près de Mortlach (Saskatchewan) sont représentatives de ce type de pédo-paysage. On y rencontre des régosols bien drainés ou excessivement drainés ainsi que des chernozems bruns ou brun foncé qui se sont formés sur des matériaux fluviaux et éoliens ondulants ou bosselés. Les dunes de sable stabilisées sont courantes dans ce groupe.

Une partie significative du groupe 9 comporte des sols imparfaitement drainés à la lisière des terres cultivées de la région de la Rivière-de-la-Paix, ainsi que dans le nord-est de l'Alberta et le nord-ouest de la Saskatchewan. Ces régions sont caractérisées par des saisons de croissance courtes et un faible compte d'unités thermiques, conditions peu propices à certaines cultures. Elles conviennent bien au pâturage ainsi qu'à la production de foin et de céréales fourragères.

Soixante pour cent des terres comprises dans les polygones du groupe 9 sont utilisées à des fins agricoles, notamment l'élevage bovin et les cultures annuelles. Plus de la moitié des champs servent au pâturage et à la production de foin, alors que deux tiers des fermes comptent une moyenne de 138 animaux. On y retrouve une proportion plus élevée de pâturage et de champs en foin dans les prairies naturelles comparativement au groupe 12.

Plus d'un tiers (35 %) de la superficie agricole est consacrée aux cultures annuelles. L'assolement est composé principalement de céréales, d'un pourcentage élevé de jachère (7 %) et de surfaces non négligeables de cultures oléagineuses. La région comporte un faible pourcentage de légumineuses à graines et de lin. Près de la moitié des fermes

Tableau 4.12 Terrains du groupe 9

Pâturages prédominants, faibles intrants		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Relief fortement incliné à montagneux	2 206 826	27
Sols gris foncé ou luvisols modérément ou bien drainés	2 167 009	26
Sols faiblement drainés ou organiques	1 356 864	16
Sols bruns ou brun foncé bien drainés	1 149 317	14
Sols sableux	789 247	10
Sols solonetziques	570 177	7
Total	**8 239 440**	**100**

effet situé dans une zone de pluviométrie relativement élevée et d'évaporation relativement faible, ce qui limite le potentiel de salinisation. Les zones irriguées du groupe 12, en Alberta, sont sensiblement plus exposées au risque de salinité.

Les terres agricoles du groupe 12 supportent principalement un couvert végétal permanent. Les terres cultivées représentent environ un dixième de jachère; cependant, le travail minimum du sol a été adopté dans moins d'un tiers des terres et des fermes. Les pertes de matière organique sont peu probables dans les terres cultivées de ce groupe.

Le groupe 12 représente un vaste territoire de diversité naturelle. Deux cinquièmes des champs sont couverts de végétation indigène, ce qui représente presque un sixième (14 %) de la végétation indigène des terres agricoles des Prairies.

Pâturages prédominants, faibles intrants (groupe 9)
Les terres du groupe 9 se situent principalement sur des reliefs accidentés, ou dans la zone de sols bruns ou brun foncé, ou encore à la lisière des terres cultivées annuellement en Alberta et dans le nord-ouest de la Saskatchewan. Plus d'un quart de la superficie de ce groupe est située sur des moraines à relief en bosses et creux, typiques du *Missouri Coteau* (tableau 4.12). Ces superficies sont généralement trop raides pour la culture, bien que l'on rencontre des champs cultivés sur des pentes plus douces situées à l'intérieur de ce type de paysage. On rencontre également dans ces terres des dépressions imparfaitement ou faiblement drainées.

Le groupe 9 comporte également des terres sableuses de la zone des sols bruns et brun foncé. Dans ces terres, on cultive souvent le seigle d'automne pour le pâturage ou la coupe de fourrage vert. Les terres sableuses situées près de Mortlach (Saskatchewan) sont représentatives de ce type de pédo-paysage. On y rencontre des régosols bien drainés ou excessivement drainés ainsi que des chernozems bruns ou brun foncé qui se sont formés sur des matériaux fluviaux et éoliens ondulants ou bosselés. Les dunes de sable stabilisées sont courantes dans ce groupe.

Une partie significative du groupe 9 comporte des sols imparfaitement drainés à la lisière des terres cultivées de la région de la Rivière-de-la-Paix, ainsi que dans le nord-est de l'Alberta et le nord-ouest de la Saskatchewan. Ces régions sont caractérisées par des saisons de croissance courtes et un faible compte d'unités thermiques, conditions peu propices à certaines cultures. Elles conviennent bien au pâturage ainsi qu'à la production de foin et de céréales fourragères.

Soixante pour cent des terres comprises dans les polygones du groupe 9 sont utilisées à des fins agricoles, notamment l'élevage bovin et les cultures annuelles. Plus de la moitié des champs servent au pâturage et à la production de foin, alors que deux tiers des fermes comptent une moyenne de 138 animaux. On y retrouve une proportion plus élevée de pâturage et de champs en foin dans les prairies naturelles comparativement au groupe 12.

Plus d'un tiers (35 %) de la superficie agricole est consacrée aux cultures annuelles. L'assolement est composé principalement de céréales, d'un pourcentage élevé de jachère (7 %) et de surfaces non négligeables de cultures oléagineuses. La région comporte un faible pourcentage de légumineuses à graines et de lin. Près de la moitié des fermes

Tableau 4.12 Terrains du groupe 9

Pâturages prédominants, faibles intrants

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Relief fortement incliné à montagneux	2 206 826	27
Sols gris foncé ou luvisols modérément ou bien drainés	2 167 009	26
Sols faiblement drainés ou organiques	1 356 864	16
Sols bruns ou brun foncé bien drainés	1 149 317	14
Sols sableux	789 247	10
Sols solonetziques	570 177	7
Total	**8 239 440**	**100**

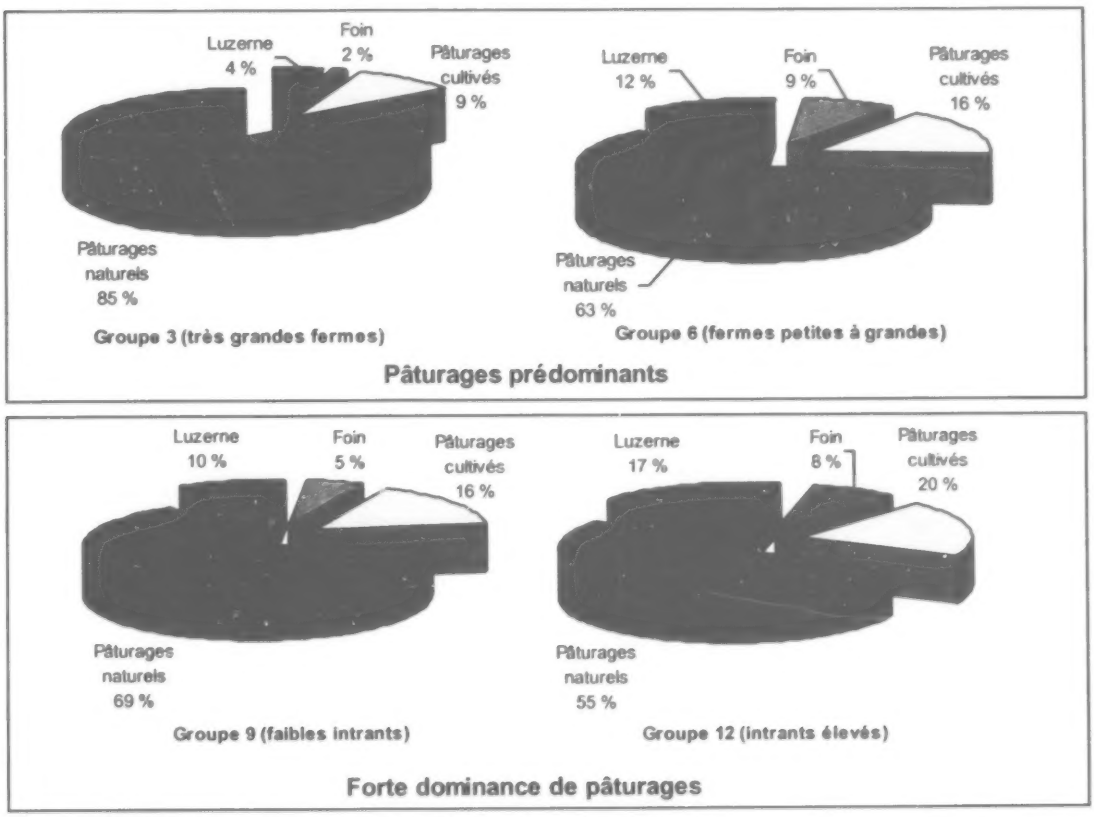
à cultures ont déclaré de la jachère. Plus de fermes ont déclaré du blé que de l'orge. Les dépenses de produits chimiques et d'engrais étaient faibles (39 $/ha). Le foin et la luzerne étaient souvent cultivés en rotation avec des céréales et des graines oléagineuses.

Les terres cultivées du groupe 9 sont modérément exposées à l'érosion éolienne à cause des conditions climatiques et de la haute proportion de jachères. Le problème est atténué par la présence de sols solonetziques et morainiques peu sensibles à l'érosion dans une bonne part de la superficie. Les sols sableux des environs de Mortlach et du lac Old Wives, en Saskatchewan, craignent particulièrement l'érosion éolienne. Le risque d'érosion hydrique est relativement faible dans les terres cultivées. Cependant, les terres situées aux abords du *Missouri Coteau* sont particulièrement exposées au risque d'érosion par ravinement.

Le risque d'érosion causée par le travail du sol dans les terres cultivées annuellement est modéré en raison de la proportion élevée de superficies en jachère. Toutefois, compte tenu du pourcentage de superficies en fourrage, le risque global d'érosion du groupe 9 descend à faible. Les sols du groupe 9 présentent un faible risque de salinité.

Les terres agricoles du groupe 9 supportent principalement un couvert végétal permanent. Les terres cultivées comptent environ un tiers de jachère, et le travail minimum du sol a été adopté dans moins d'un tiers des terres. Il est possible que les terres cultivées de ce groupe subissent des pertes de matière organique.

Le groupe 9 représente un vaste territoire de diversité naturelle. Près de la moitié (47 %) des



Nota : Les chiffres sont exprimés en pourcentage des terres en foin et des pâturages.

Figure 4.12 **Terres utilisées pour le pâturage et la production de foin dans les groupes de pratiques agricoles à forte dominance de pâturages et à pâturages prédominants.**

Tableau 4.13 Terrains du groupe 13

Cultures prédominantes, jachère importante, légumineuses à graines

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols brun foncé bien drainés (pentes < 4 %)	452 720	32
Sols bruns bien drainés	431 979	31
Sols brun foncé bien drainés (pentes 5 - 9 %)	282 786	20
Sols solonetziques bruns ou brun foncé	126 574	9
Relief fortement incliné à montagneux ou faiblement drainé	101 901	7
Total	**1 395 960**	**100**

champs sont couverts de végétation indigène, ce qui représente non loin d'un sixième (14 %) de la végétation indigène des terres agricoles des Prairies.

Grand groupe – cultures prédominantes, jachère importante

Trois groupes de pratiques agricoles ont été admis dans la catégorie *Cultures prédominantes, jachère importante* (figure 4.13). Dans cette catégorie, les jachères représentent plus de 25 % des terres cultivées. Les groupes se distinguent entre eux sur le plan de la diversité des cultures. Les zones où la jachère est prépondérante et où les légumineuses à graines occupent une part significative des terres cultivées (plus de 4 % de légumineuses à graines) ont été classées dans la catégorie *Cultures prédominantes, jachère importante et légumineuses à graines* (groupe 13). Les polygones où l'assolement incluait du canola et de la moutarde (plus de 8 % de graines oléagineuses) et peu de légumineuses à graines sont appelés *Cultures prédominantes, jachère importante, graines oléagineuses* (groupe 4).

Le reste des polygones de la catégorie *Cultures prédominantes, jachère importante* étaient caractérisés par un faible pourcentage de légumineuses à graines (moins de 4 %) et de graines oléagineuses (moins de 8 %), ainsi que par de faibles intrants (moins de 45 $/ha). Parmi l'ensemble des polygones des Prairies, 75 % comportaient des intrants supérieurs à 40 $/ha, alors que 90 % des polygones du groupe 1 comportaient des intrants de moins de 40 $/ha. Ce groupe a été appelé *Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants, faible diversité des cultures* (groupe 1).

Cultures prédominantes, jachère importante, légumineuses à graines (groupe 13)

Le groupe 13 est presque exclusivement situé dans la zone de sols bruns et brun foncé et se limite à la région située entre Rosetown et Saskatoon (Saskatchewan). Cette région comporte certains des sols brun foncé les plus fertiles; les terres sont généralement bien drainées et reposent sur des dépôts lacustres ou morainiques faiblement vallonnés (tableau 4.13). Un tiers de ce groupe comprend certains des sols bruns les plus fertiles, comme ceux que l'on retrouve près de Swift Current, en Saskatchewan. On rencontre aussi dans ce groupe des reliefs accidentés et des sols solonetziques.

Dans le groupe 13, toutes les terres sont utilisées en agriculture et sont notamment presque toutes consacrées aux cultures annuelles (81 %). L'assolement est caractérisé par un taux élevé de jachère et un pourcentage significatif de légumineuses à graines (6 %) et de graines oléagineuses (6 %). La superficie comprend un faible pourcentage de cultures de lin. Près de neuf dixièmes (87 %) des fermes de cultures ont déclaré des jachères, tandis que plus d'un quart ont déclaré du canola (28 %) et un quart ont déclaré des lentilles (24 %). Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient faibles (36 $/ha), mais étaient un tiers plus élevés que ceux du groupe 1.

Le groupe 13 a le pourcentage le plus élevé de légumineuses à graines dans la rotation et se situe au premier rang en ce qui concerne la culture de lentille. Les rotations courantes de ce groupe sont de type jachère-céréales-céréales et jachère-

Tableau 4.13 Terrains du groupe 13

Cultures prédominantes, jachère importante, légumineuses à graines

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols brun foncé bien drainés (pentes < 4 %)	452 720	32
Sols bruns bien drainés	431 979	31
Sols brun foncé bien drainés (pentes 5 - 9 %)	282 786	20
Sols solonetziques bruns ou brun foncé	126 574	9
Relief fortement incliné à montagneux ou faiblement drainé	101 901	7
Total	**1 395 960**	**100**

champs sont couverts de végétation indigène, ce qui représente non loin d'un sixième (14 %) de la végétation indigène des terres agricoles des Prairies.

Grand groupe – cultures prédominantes, jachère importante

Trois groupes de pratiques agricoles ont été admis dans la catégorie *Cultures prédominantes, jachère importante* (figure 4.13). Dans cette catégorie, les jachères représentent plus de 25 % des terres cultivées. Les groupes se distinguent entre eux sur le plan de la diversité des cultures. Les zones où la jachère est prépondérante et où les légumineuses à graines occupent une part significative des terres cultivées (plus de 4 % de légumineuses à graines) ont été classées dans la catégorie *Cultures prédominantes, jachère importante et légumineuses à graines* (groupe 13). Les polygones où l'assolement incluait du canola et de la moutarde (plus de 8 % de graines oléagineuses) et peu de légumineuses à graines sont appelés *Cultures prédominantes, jachère importante, graines oléagineuses* (groupe 4).

Le reste des polygones de la catégorie *Cultures prédominantes, jachère importante* étaient caractérisés par un faible pourcentage de légumineuses à graines (moins de 4 %) et de graines oléagineuses (moins de 8 %), ainsi que par de faibles intrants (moins de 45 $/ha). Parmi l'ensemble des polygones des Prairies, 75 % comportaient des intrants supérieurs à 40 $/ha, alors que 90 % des polygones du groupe 1 comportaient des intrants de moins de 40 $/ha. Ce groupe a été appelé *Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants, faible diversité des cultures* (groupe 1).

Cultures prédominantes, jachère importante, légumineuses à graines (groupe 13)

Le groupe 13 est presque exclusivement situé dans la zone de sols bruns et brun foncé et se limite à la région située entre Rosetown et Saskatoon (Saskatchewan). Cette région comporte certains des sols brun foncé les plus fertiles; les terres sont généralement bien drainées et reposent sur des dépôts lacustres ou morainiques faiblement vallonnés (tableau 4.13). Un tiers de ce groupe comprend certains des sols bruns les plus fertiles, comme ceux que l'on retrouve près de Swift Current, en Saskatchewan. On rencontre aussi dans ce groupe des reliefs accidentés et des sols solonetziques.

Dans le groupe 13, toutes les terres sont utilisées en agriculture et sont notamment presque toutes consacrées aux cultures annuelles (81 %). L'assolement est caractérisé par un taux élevé de jachère et un pourcentage significatif de légumineuses à graines (6 %) et de graines oléagineuses (6 %). La superficie comprend un faible pourcentage de cultures de lin. Près de neuf dixièmes (87 %) des fermes de cultures ont déclaré des jachères, tandis que plus d'un quart ont déclaré du canola (28 %) et un quart ont déclaré des lentilles (24 %). Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient faibles (36 $/ha), mais étaient un tiers plus élevés que ceux du groupe 1.

Le groupe 13 a le pourcentage le plus élevé de légumineuses à graines dans la rotation et se situe au premier rang en ce qui concerne la culture de lentille. Les rotations courantes de ce groupe sont de type jachère-céréales-céréales et jachère-

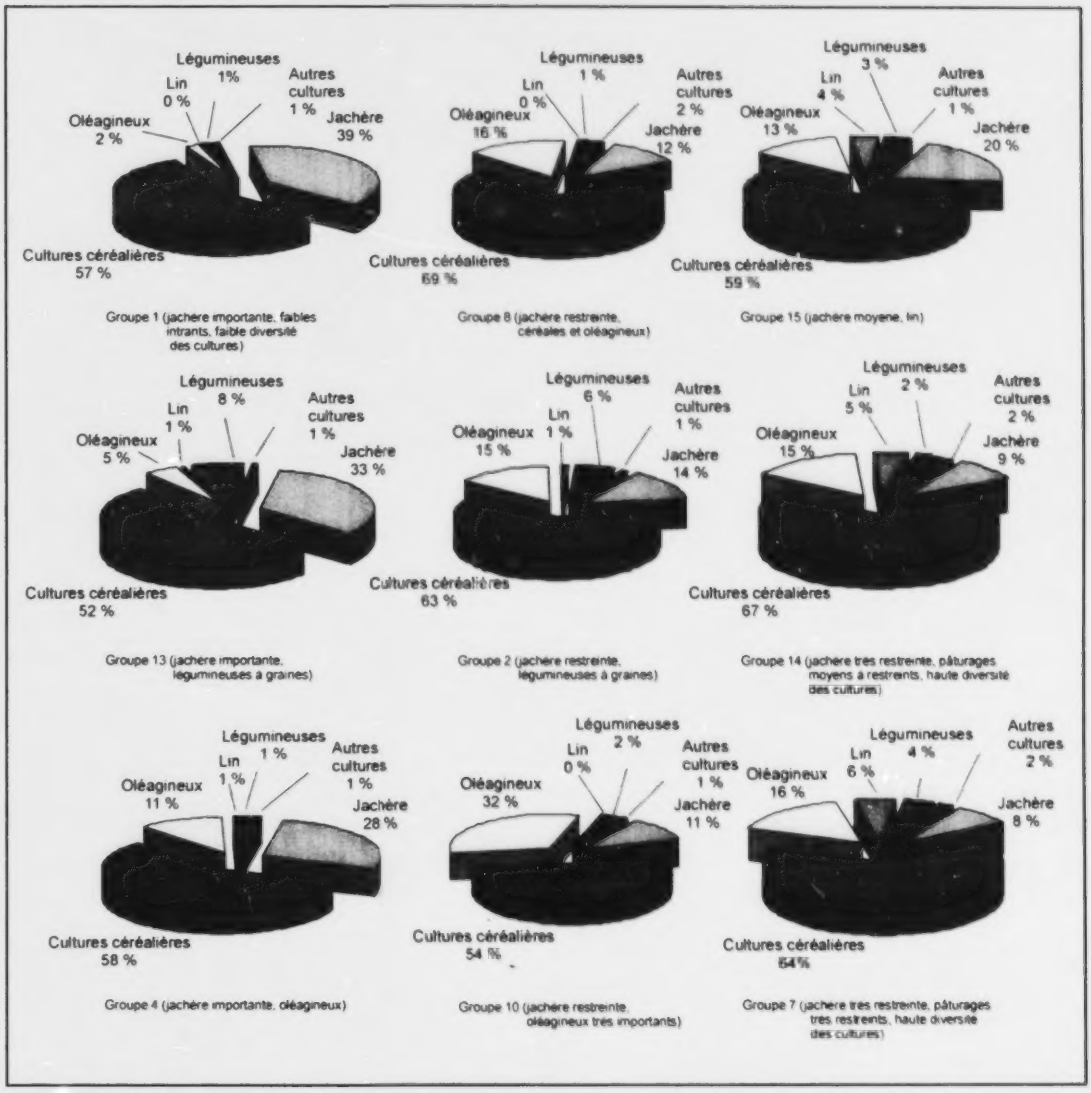


Figure 4.13 Proportion de terres cultivées (cultures annuelles plus jachère) dans les groupes de pratiques agricoles des cultures prédominantes.

oléagineux/légumineuses à graines-céréales. Ce groupe a l'assolement le plus diversifié de tous les groupes à pourcentage de jachère élevé.

Bien que seulement un cinquième de la superficie agricole soit utilisé pour le foin et le pâturage, 39 % des fermes ont déclaré des bovins, ce qui explique le faible nombre de têtes par ferme (93 bovins par ferme ayant du bétail). Un cinquième (19 %) seulement des fermes ont déclaré des pâturages naturels, et une proportion relativement faible de fermes ont produit de la luzerne (19 %) et du foin cultivé (10 %).

La proportion de graines oléagineuses, de légumineuses à graines et de jachère dans la rotation ainsi que le climat relativement sec et venteux produisent un risque modéré d'érosion éolienne dans les terres cultivées du groupe 13. Les précipitations intenses et peu fréquentes ainsi que la douceur des pentes ont comme conséquence un faible risque d'érosion hydrique. Le risque d'érosion par le travail du sol est également bas.

Les terres du groupe 13 sont principalement cultivées annuellement. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 3 % de toutes les terres agricoles. La superficie agricole du groupe 13 compte environ un tiers de jachère, et le travail minimum du sol a été adopté dans moins de deux cinquièmes des terres et des fermes. Il est possible que les zones cultivées de ce groupe perdent de la matière organique.

Presque tout le groupe 13 est classé à faible risque en ce qui concerne la vulnérabilité de la qualité de l'eau, principalement en raison de la faible quantité d'intrants appliqués sur les cultures et du potentiel réduit de ruissellement.

Moins d'un cinquième (15 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 1 % seulement de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 13 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est restreinte par le haut pourcentage de cultures annuelles.

Cultures prédominantes, jachère importante et graines oléagineuses (groupe 4)

Le groupe 4 comprend presque exclusivement des sols brun foncé et englobe la région de Drumheller, de Vulcan et de Warner, en Alberta, et d'Unity, de Davidson et d'Estevan, en Saskatchewan. Ces sols reposent principalement sur des plaines morainiques ondulantes et des bassins lacustres (tableau 4.14). On rencontre d'importantes superficies de sols solonetziques dans ce groupe. De plus, le groupe 4 comporte des superficies restreintes de sols fertiles situés sur des terrains vallonnés ou faiblement drainés.

Dans ce groupe, les terres agricoles sont principalement consacrées aux cultures annuelles (78 %). L'assolement est caractérisé par un pourcentage élevé de jachère (29 %) et de cultures oléagineuses (12 %). La superficie compte un faible pourcentage de cultures de lin. Plus de quatre cinquièmes (83 %) des fermes de cultures ont déclaré des jachères, tandis que près de la moitié ont déclaré du canola (48 %). Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient faibles (43 $/ha), mais étaient considérablement plus élevés que ceux du groupe 1 (27 $/ha).

Tableau 4.14 Terrains du groupe 4

Cultures prédominantes, jachère importante, oléagineux

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols brun foncé bien drainés (pentes 5 - 9 %)	1 183 103	32
Sols brun foncé bien drainés (pentes < 4 %)	856 017	23
Sols solonetziques bruns ou brun foncé	680 478	19
Sols bruns bien drainés	411 208	11
Relief fortement incliné à montagneux	388 393	11
Sols faiblement drainés	136 729	4
Total	**3 655 928**	**100**

Tableau 4.15 Terrains du groupe 1

Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants, faible diversité de cultures

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols bruns bien drainés	3 209 957	57
Relief fortement incliné à montagneux	720 739	13
Sols solonetziques bruns ou brun foncé	703 477	13
Sols brun foncé bien drainés	656 976	12
Sols faiblement drainés ou salins	323 277	6
Total	**5 614 426**	**100**

Comme dans le groupe 10, les cultures annuelles autres que les céréales étaient les oléagineux. Toutefois, la jachère occupait une place importante dans l'assolement de la plupart des fermes. Les rotations courantes de ce groupe sont de type jachère-céréales-céréales et jachère-oléagineux-céréales-céréales. Les régions représentées dans ce groupe sont légèrement plus humides et plus diversifiées que celles du groupe 1. Seulement un cinquième (20 %) de la superficie agricole est utilisé pour l'élevage bovin (115 têtes par ferme ayant du bétail). Près de la moitié (46 %) des fermes ont déclaré des bovins, et un peu plus de la moitié (55 %) ont déclaré des pâturages naturels. Le nombre de fermes ayant déclaré des bovins était inférieur au nombre de fermes qui ont déclaré des pâturages. De plus, une proportion relativement faible de fermes ont produit de la luzerne (21 %) et du foin cultivé (11 %).

Le groupe 4 est situé principalement dans la zone de sols brun foncé. Les vents et l'évapotranspiration sont moins extrêmes que dans la zone de sols bruns, de sorte que les terres cultivées annuellement sont modérément exposées au risque d'érosion éolienne. Un polygone en particulier, situé à l'ouest du lac de la Dernière-Montagne, craint particulièrement l'érosion à cause de l'effet combiné du relief bosselé et des vents.

Le risque d'érosion hydrique s'avère faible dans la majeure partie de la zone en raison de la rareté des pluies intenses et des faibles volumes d'eau de ruissellement à la fonte des neiges. Les sols solonetziques sont dans certains cas exposés à l'érosion par ravinement dans les points de fort ruissellement.

Le risque d'érosion causée par le travail du sol est modéré dans les sols morainiques, en raison de la complexité de la topographie de surface.

Le risque de salinité dans le groupe 4 est plus élevé que dans le reste des Prairies, mais inférieur aux autres zones à fort pourcentage de jachère (groupes 1 et 13). Le risque de salinisation est plus faible dans les terres relativement planes du groupe 4. La vulnérabilité de la qualité de l'eau de surface est la même dans ce groupe que dans l'ensemble des Prairies.

Les terres du groupe 4 sont principalement cultivées annuellement. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 4 % de toutes les terres agricoles. Plus d'un quart de la superficie agricole du groupe 4 est en jachère. En outre, le travail minimum du sol a été adopté dans près de la moitié des terres et des fermes. Il est probable que les zones cultivées de ce groupe ne perdent pas de matière organique.

Un sixième (16 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 4 % seulement de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 4 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est restreinte par le haut pourcentage de cultures annuelles.

Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants et faible diversité des cultures (groupe 1)

Les pédo-paysages du groupe 1 sont semblables à ceux du groupe 4 et occupent les régions agricoles les plus arides des Prairies. Ces pédo-paysages, qui occupent principalement (80 %) la zone de sols bruns, sont situés dans la région du sud-ouest de la Saskatchewan et du sud-est de l'Alberta où la rotation blé-jachère se pratique depuis longue date.

oléagineux, légumineuses à graines, céréales. Ce groupe a l'assolement le plus diversifié de tous les groupes à pourcentage de jachère élevé.

Bien que seulement un cinquième de la superficie agricole soit utilisé pour le foin et le pâturage, 36 % des fermes ont déclaré des bovins, ce qui explique le faible nombre de têtes par ferme (63 bovins par ferme avant du bétail). Un cinquième (19 %) seulement des fermes ont déclaré des pâturages naturels, et une proportion relativement faible de fermes ont produit de la luzerne (19 %) et du foin cultivé (10 %).

La proportion de graines oléagineuses, de légumineuses à graines et de jachère dans la rotation ainsi que le climat relativement sec et venteux produisent un risque modéré d'érosion éolienne dans les terres cultivées du groupe 13. Les précipitations intenses et peu fréquentes ainsi que la douceur des pentes ont comme conséquence un faible risque d'érosion hydrique. Le risque d'érosion par le travail du sol est également bas.

Les terres du groupe 13 sont principalement cultivées annuellement. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 3 % de toutes les terres agricoles. La superficie agricole du groupe 13 compte environ un tiers de jachère, et le travail minimum du sol a été adopté dans moins de deux cinquièmes des terres et des fermes. Il est possible que les zones cultivées de ce groupe perdent de la matière organique.

Presque tout le groupe 13 est classé à faible risque en ce qui concerne la vulnérabilité de la qualité de l'eau, principalement en raison de la faible quantité d'intrants appliqués sur les cultures et du potentiel réduit de ruissellement.

Moins d'un cinquième (15 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 1 % seulement de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 13 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est restreinte par le haut pourcentage de cultures annuelles.

Cultures prédominantes, jachère importante et graines oléagineuses (groupe 4)

Le groupe 4 comprend presque exclusivement des sols brun foncé et englobe la région de Drumheller, de Vulcan et de Warner, en Alberta, et d'Unity, de Davidson et d'Estevan, en Saskatchewan. Ces sols reposent principalement sur des plaines morainiques ondulantes et des bassins lacustres (tableau 4.14). On rencontre d'importantes superficies de sols solonetziques dans ce groupe. De plus, le groupe 4 comporte des superficies restreintes de sols fertiles situés sur des terrains vallonnés ou faiblement drainés.

Dans ce groupe, les terres agricoles sont principalement consacrées aux cultures annuelles (78 %). L'assolement est caractérisé par un pourcentage élevé de jachère (29 %) et de cultures oléagineuses (12 %). La superficie compte un faible pourcentage de cultures de lin. Plus de quatre cinquièmes (83 %) des fermes de cultures ont déclaré des jachères, tandis que près de la moitié ont déclaré du canola (48 %). Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient faibles (4,1 $/ha), mais étaient considérablement plus élevés que ceux du groupe 1 (27 $/ha).

Tableau 4.14 Terrains du groupe 4

Cultures prédominantes, jachère importante, oléagineux

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols brun foncé bien drainés (pentes 5 - 9 %)	1 183 103	32
Sols brun foncé bien drainés (pentes < 4 %)	856 017	23
Sols solonetziques bruns ou brun foncé	680 478	19
Sols bruns bien drainés	411 208	11
Relief fortement incliné à montagneux	388 393	11
Sols faiblement drainés	136 729	4
Total	**3 655 928**	**100**

Tableau 4.15 Terrains du groupe 1

Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants, faible diversité de cultures

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols bruns bien drainés	3 209 957	57
Relief fortement incliné à montagneux	720 739	13
Sols solonetziques bruns ou brun foncé	703 477	13
Sols brun foncé bien drainés	656 976	12
Sols faiblement drainés ou salins	323 277	6
Total	**5 614 426**	**100**

Comme dans le groupe 10, les cultures annuelles autres que les céréales étaient les oléagineux. Toutefois, la jachère occupait une place importante dans l'assolement de la plupart des fermes. Les rotations courantes de ce groupe sont de type jachère-céréales-céréales et jachère-oléagineux-céréales-céréales. Les régions représentées dans ce groupe sont légèrement plus humides et plus diversifiées que celles du groupe 1. Seulement un cinquième (20 %) de la superficie agricole est utilisé pour l'élevage bovin (115 têtes par ferme ayant du bétail). Près de la moitié (46 %) des fermes ont déclaré des bovins, et un peu plus de la moitié (55 %) ont déclaré des pâturages naturels. Le nombre de fermes ayant déclaré des bovins était inférieur au nombre de fermes qui ont déclaré des pâturages. De plus, une proportion relativement faible de fermes ont produit de la luzerne (21 %) et du foin cultivé (11 %).

Le groupe 4 est situé principalement dans la zone de sols brun foncé. Les vents et l'évapotranspiration sont moins extrêmes que dans la zone de sols bruns, de sorte que les terres cultivées annuellement sont modérément exposées au risque d'érosion éolienne. Un polygone en particulier, situé à l'ouest du lac de la Dernière-Montagne, craint particulièrement l'érosion à cause de l'effet combiné du relief bosselé et des vents.

Le risque d'érosion hydrique s'avère faible dans la majeure partie de la zone en raison de la rareté des pluies intenses et des faibles volumes d'eau de ruissellement à la fonte des neiges. Les sols solonetziques sont dans certains cas exposés à l'érosion par ravinement dans les points de fort ruissellement.

Le risque d'érosion causée par le travail du sol est modéré dans les sols morainiques, en raison de la complexité de la topographie de surface.

Le risque de salinité dans le groupe 4 est plus élevé que dans le reste des Prairies, mais inférieur aux autres zones à fort pourcentage de jachère (groupes 1 et 13). Le risque de salinisation est plus faible dans les terres relativement planes du groupe 4. La vulnérabilité de la qualité de l'eau de surface est la même dans ce groupe que dans l'ensemble des Prairies.

Les terres du groupe 4 sont principalement cultivées annuellement. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 4 % de toutes les terres agricoles. Plus d'un quart de la superficie agricole du groupe 4 est en jachère. En outre, le travail minimum du sol a été adopté dans près de la moitié des terres et des fermes. Il est probable que les zones cultivées de ce groupe ne perdent pas de matière organique.

Un sixième (16 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 4 % seulement de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 4 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est restreinte par le haut pourcentage de cultures annuelles.

Cultures prédominantes, jachère importante, faibles intrants et faible diversité des cultures (groupe 1)

Les pédo-paysages du groupe 1 sont semblables à ceux du groupe 4 et occupent les régions agricoles les plus arides des Prairies. Ces pédo-paysages, qui occupent principalement (80 %) la zone de sols bruns, sont situés dans la région du sud-ouest de la Saskatchewan et du sud-est de l'Alberta où la rotation blé-jachère se pratique depuis longue date.

Les terres bien drainées reposent sur des dépôts morainiques à faible pente légèrement bosselés ou sur un complexe de dépôts lacustres et morainiques faiblement ondulés (tableau 4.15). Un tiers des superficies sont peu propices à la culture à cause du relief accidenté et de la présence de sols solonetziques faiblement drainés ou salins.

Dans ce groupe, les terres agricoles supportent principalement des cultures annuelles (76 %). L'assolement est caractérisé par un pourcentage élevé de jachère (39 %) et de céréales (56 %). Les oléagineux, les légumineuses à graines et le lin occupent un faible pourcentage des terres. Près de neuf dixièmes (89 %) des fermes à cultures ont déclaré des superficies en jachère, alors que moins d'un dixième des fermes ont déclaré des superficies de canola (9 %), de lentilles (6 %) et de lin (3 %). Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient faibles (27 $/ha).

Une modeste diversification des cultures s'est opérée, des céréales vers les graines oléagineuses et les légumineuses à graines. La jachère occupe une part importante de l'assolement. Les rotations de la région sont de type jachère-blé et jachère-blé-blé.

Seulement un cinquième (21 %) de la superficie agricole est utilisée pour l'élevage bovin (109 têtes par ferme ayant du bétail). Deux cinquièmes des fermes (41 %) ont déclaré des bovins. La moitié des fermes (52 %) ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré. Le nombre de fermes ayant déclaré des bovins était inférieur au nombre de fermes qui ont déclaré des pâturages. De plus, une proportion relativement faible de fermes ont produit de la luzerne (18 %) et du foin cultivé (9 %).

La plupart des terres en culture du groupe 1 sont exposées à un risque moyen à élevé d'érosion éolienne, en raison du climat sec et venteux et de la proportion élevée de superficies en jachère.

Le risque global d'érosion hydrique varie de modéré à bas en raison de la perte de la couverture de neige en hiver sous l'effet du chinook. Cependant, les polygones à pentes abruptes du *Missouri Coteau* craignent particulièrement l'érosion hydrique, en particulier l'érosion de ruissellement due à la fonte des neiges. Il existe un risque élevé à modéré d'érosion par le travail du sol sur les terres cultivées à relief bosselé, en raison de la prépondérance des superficies en jachère.

Plus de 60 % des terres agricoles du groupe 1 présentent un risque de salinité variant de modérément élevé à élevé. La teneur relativement élevée en sels du matériau parental et le taux d'évaporation élevé de la zone de sols bruns contribuent à ce haut niveau de risque.

Le groupe 1 présente une plus faible vulnérabilité aux problèmes de qualité d'eau superficielle que le reste des Prairies, en raison du potentiel réduit de ruissellement et du faible niveau des intrants.

Les terres du groupe 1 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 4 % de toutes les terres agricoles. Environ deux cinquièmes de la superficie agricole du groupe 1 est en jachère. En outre, le travail minimum du sol a été adopté dans environ un tiers des terres. Il est possible que les zones cultivées de ce groupe perdent de la matière organique.

Moins d'un cinquième (18 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 6 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 1 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est restreinte par le haut pourcentage de cultures annuelles; cette contribution est toutefois beaucoup plus grande que dans les autres groupes à fort taux de jachère.

Grand groupe – cultures prédominantes, lin

Trois groupes sont caractérisés par une prédominance de cultures et par des superficies non négligeables consacrées au lin. Les polygones appelés *Cultures prédominantes, lin*, qui sont caractérisés par de faibles superficies en pâturage et en jachère, comportent généralement un assortiment de cultures dont le lin, les légumineuses à graines et les graines oléagineuses. Les polygones dont la surface agricole comportait moins de 20 % de pâturage et de foin, moins de 15 % de jachère et plus de 2 % de lin ont été classés dans le groupe intitulé *Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage très restreint, haute diversité des cultures* (groupe 7).

Les polygones du groupe *Cultures prédominantes, lin* qui comportaient le même profil de cultures que ceux du groupe 7 mais de plus grandes superficies en pâturage (pâturage et

foin entre 20 et 50 %) ont été appelés *Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage moyen à faible, haute diversité des cultures* (groupe 14).

Un autre groupe de polygones, semblable au groupe 14 de par ses superficies en pâturage et en lin, se distinguait par des superficies accrues en jachère. Lorsque la jachère dépassait 15 % et que le lin dépassait 2 % de la superficie, les polygones étaient placés dans le groupe appelé *Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin* (groupe 15).

Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage très restreint, haute diversité des cultures (groupe 7)

Le groupe 7 comprend certaines des terres les plus fertiles des Prairies, notamment dans la vallée de la rivière Rouge, les environs de Brandon et certaines régions du sud-ouest du Manitoba ainsi que dans la vallée de la rivière Carrot, en Saskatchewan. Ces terres sont situées dans la zone de sols noirs et reposent sur des plaines lacustres ou morainiques planes et principalement bien drainées. Presque toutes les terres (87 %) présentent des pentes de moins de 4 %. Moins de 1 % des terres sont situées sur des pentes abruptes (inclinaison de plus de 10 %) (tableau 4.16). Dans ce groupe, on retrouve normalement des sols faiblement ou imparfaitement drainés dans les terres argileuses planes. La grande fertilité et l'uniformité qui caractérise ce pédo-paysage favorise une grande diversité de cultures.

Dans ce groupe, les terres agricoles supportent principalement des cultures annuelles (80 %). L'assolement est caractérisé par un faible pourcentage de jachère (9 %), un pourcentage élevé d'oléagineux (17 %) et un pourcentage moyen de légumineuses à graines (5 %) et de lin (5 %). Près de la moitié (46 %) des fermes de cultures ont déclaré des superficies en jachère, et plus de la moitié (56 %) ont déclaré des superficies de canola. Un quart des fermes (26 %) ont déclaré des superficies de lin et un cinquième (18 %) ont déclaré des superficies de pois. Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient élevés (99 $/ha).

Le groupe 7 a le plus faible pourcentage de terres en fourrage et le plus petit nombre de bovins par ferme de toutes les Prairies. Au nombre des productions végétales, qui sont les plus intensives et les plus diversifiées des Prairies, figurent les oléagineux, le lin et les légumineuses à graines. Aucun autre groupe ne présente une proportion aussi élevée de fermes déclarant des superficies de canola, de pois et de lin. D'autres groupes comportent une proportion plus élevée de superficies consacrées à une ou l'autre de ces cultures (p. ex., canola dans le groupe 10, légumineuses à graines dans les groupes 2 et 13), mais aucun ne comporte des valeurs élevées dans chacun des trois types de cultures. Les cultures céréalières composent les deux tiers des superficies cultivées. La rotation de base est de type céréales-céréales-canola/lin/légumineuses à graines. Parfois, la jachère s'insère dans la rotation, habituellement avant le canola. Ce groupe compte une haute fréquence de petites superficies de jachère.

Seulement un huitième (13 %) de la superficie agricole est exploitée pour l'élevage bovin (75 têtes par ferme possédant du bétail). Un tiers des fermes (33 %) ont déclaré des bovins.

Tableau 4.16 Terrains du groupe 7

Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage très restreint, haute diversité de cultures

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols morainiques noirs bien drainés	1 908 900	42
Sols noirs lacustres imparfaitement à bien drainés (pentes < 4 %)	1 545 264	34
Sols faiblement drainés	669 555	15
Sols lacustres gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés	444 922	10
Total	4 568 731	100

foin entre 20 et 50 %) ont été appelés *Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage moyen à faible, haute diversité des cultures* (groupe 14).

Un autre groupe de polygones, semblable au groupe 14 de par ses superficies en pâturage et en lin, se distinguait par des superficies accrues en jachère. Lorsque la jachère dépassait 15 % et que le lin dépassait 2 % de la superficie, les polygones étaient placés dans le groupe appelé *Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin* (groupe 15).

Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage très restreint, haute diversité des cultures (groupe 7)

Le groupe 7 comprend certaines des terres les plus fertiles des Prairies, notamment dans la vallée de la rivière Rouge, les environs de Brandon et certaines régions du sud-ouest du Manitoba ainsi que dans la vallée de la rivière Carrot, en Saskatchewan. Ces terres sont situées dans la zone de sols noirs et reposent sur des plaines lacustres ou morainiques planes et principalement bien drainées. Presque toutes les terres (87 %) présentent des pentes de moins de 4 %. Moins de 1 % des terres sont situées sur des pentes abruptes (inclinaison de plus de 10 %) (tableau 4.16). Dans ce groupe, on retrouve normalement des sols faiblement ou imparfaitement drainés dans les terres argileuses planes. La grande fertilité et l'uniformité qui caractérise ce pédo-paysage favorise une grande diversité de cultures.

Dans ce groupe, les terres agricoles supportent principalement des cultures annuelles (80 %). L'assolement est caractérisé par un faible pourcentage de jachère (9 %), un pourcentage élevé d'oléagineux (17 %) et un pourcentage moyen de légumineuses à graines (5 %) et de lin (5 %). Près de la moitié (46 %) des fermes de cultures ont déclaré des superficies en jachère, et plus de la moitié (56 %) ont déclaré des superficies de canola. Un quart des fermes (26 %) ont déclaré des superficies de lin et un cinquième (18 %) ont déclaré des superficies de pois. Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient élevés (99 $/ha).

Le groupe 7 a le plus faible pourcentage de terres en fourrage et le plus petit nombre de bovins par ferme de toutes les Prairies. Au nombre des productions végétales, qui sont les plus intensives et les plus diversifiées des Prairies, figurent les oléagineux, le lin et les légumineuses à graines. Aucun autre groupe ne présente une proportion aussi élevée de fermes déclarant des superficies de canola, de pois et de lin. D'autres groupes comportent une proportion plus élevée de superficies consacrées à une ou l'autre de ces cultures (p. ex., canola dans le groupe 10, légumineuses à graines dans les groupes 2 et 13), mais aucun ne comporte des valeurs élevées dans chacun des trois types de cultures. Les cultures céréalières composent les deux tiers des superficies cultivées. La rotation de base est de type céréales-céréales-canola/lin/légumineuses à graines. Parfois, la jachère s'insère dans la rotation, habituellement avant le canola. Ce groupe compte une haute fréquence de petites superficies de jachère.

Seulement un huitième (13 %) de la superficie agricole est exploitée pour l'élevage bovin (75 têtes par ferme possédant du bétail). Un tiers des fermes (33 %) ont déclaré des bovins.

Tableau 4.16 Terrains du groupe 7

Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage très restreint, haute diversité de cultures

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols morainiques noirs bien drainés	1 908 990	42
Sols noirs lacustres imparfaitement à bien drainés (pentes < 4 %)	1 545 264	34
Sols faiblement drainés	669 555	15
Sols lacustres gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés	444 922	10
Total	**4 568 731**	**100**

Photo avec la permission de Hoppa Farms

Un huitième (13 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré. Une proportion moyenne de fermes produisait de la luzerne (31 %) et du foin cultivé (10 %).

Le risque global d'érosion éolienne est faible dans les terres de ce groupe cultivées annuellement. Les sols argileux sont parfois très exposés à l'érosion éolienne, lorsque le couvert végétal est épuisé après un travail du sol excessif, une sécheresse ou une culture produisant peu de résidus. Les sols qui reposent sur une plaine morainique sont passablement à l'épreuve de l'érosion éolienne et hydrique, sauf dans les terres plus en pente et où de vastes superficies contribuent à l'érosion par ravinement. Dans le sud du Manitoba, les terres cultivées annuellement sont exposées à un risque modéré d'érosion hydrique attribuable à la force des précipitations. Le risque global d'érosion due au travail du sol est faible, sauf sur les terrains plus inclinés.

Bien que plus de la moitié des terres agricoles du groupe 7 présentent un risque faible ou modéré de salinité, une partie non négligeable de ces terres présente un risque élevé. Le plus grand risque existe dans les terres situées au bord des bassins lacustres, où la salinité est typiquement plus élevée. En dépit du niveau élevé d'intrants, la qualité de l'eau de surface n'est pas plus menacée qu'ailleurs dans les Prairies. En effet, le niveau élevé des intrants est compensé par le faible risque de ruissellement dû à l'absence de pente et par le faible nombre de bovins.

Les terres du groupe 7 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 6 % de toutes les terres agricoles. Moins d'un dixième de la superficie agricole du groupe 7 est en jachère. En outre, le travail minimum du sol a été adopté dans environ deux cinquièmes des terres. Il est possible que les zones cultivées de ce groupe accumulent de la matière organique.

Moins d'un cinquième (13 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 3 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 7 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est très limitée à cause du pourcentage élevé de cultures annuelles. Le groupe 7 a le plus faible pourcentage de terres agricoles en végétation indigène de tous les groupes.

Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage moyen à restreint, haute diversité des cultures (groupe 14)

Les terres du groupe 14 sont situées principalement au Manitoba et entourent celles du groupe 7. Les sols sont plus variables et renferment une plus grande proportion de terres marginales (tableau 4.17). Trente pour cent des terres sont sableuses, faiblement drainées ou très abruptes, ce qui empêche le travail du sol et augmente le pourcentage de superficies propices aux pâturages et à la production de fourrage. Le reste des terres du groupe 14 sont des sols noirs généralement très fertiles reposant sur des formations lacustres et morainiques, semblables à ceux du groupe 7.

Dans ce groupe, les terres agricoles supportent principalement des cultures annuelles (63 %). L'assolement est caractérisé par un faible pourcentage de jachère (9 %), un pourcentage élevé d'oléagineux (15 %) et un pourcentage assez considérable de lin (5 %). Deux cinquièmes (41 %) des fermes ont déclaré des superficies en jachère, et deux cinquièmes supplémentaires (40 %) ont déclaré des superficies en canola. Un cinquième des fermes (21 %) ont déclaré des superficies de lin. Les dépenses

de produits chimiques et d'engrais étaient élevées (99 $/ ha).

Le groupe 14 a un pourcentage deux fois plus élevé de fermes qui déclarent des bovins et des pâturages que le groupe 7, et compte une très haute proportion de fermes cultivant de la luzerne et du foin. Au plan des cultures, le groupe 14 présentait une diversité un peu moins grande que le groupe 7. Une plus faible proportion de fermes cultivaient du canola, du lin et des pois, mais la rotation continue était courante. Les rotations étaient de type céréales-canola/lin/pois ou céréales-céréales-céréales-canola/lin/pois. Parfois, la jachère s'insérait dans la rotation, habituellement avant le canola. Ce groupe compte une haute fréquence de petites superficies en jachère.

Moins d'un tiers (30 %) de la superficie agricole est exploitée pour l'élevage bovin (99 têtes par ferme possédant du bétail). Plus de la moitié des fermes (57 %) ont déclaré des bovins. Près d'un tiers (30 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion élevée de fermes produisait de la luzerne (47 %) et du foin cultivé (18 %).

Le risque global d'érosion éolienne est faible dans les terres du groupe 14 à cause de la faible vélocité des vents comparativement aux autres régions des Prairies. Le risque d'érosion par l'eau et le travail du sol est également faible dans une bonne portion des terres à cause du relief relativement égal. Le risque d'érosion hydrique est plus élevé dans les régions du lac Pelican et du lac Rock, en raison de l'effet combiné du relief morainique très abrupt et de l'importance des précipitations dans cette partie du Manitoba.

Dans le groupe 14, le risque de salinité est moyen. Moins d'un quart des terres agricoles présentent un risque de salinité variant de modéré à élevé. Bien que trois quarts des terres cultivées de ce groupe présentent une faible vulnérabilité en ce qui concerne la qualité de l'eau de surface, les zones de vulnérabilité élevée ou très élevée sont plus grandes par rapport à la moyenne des Prairies. Ce risque accru est dû aux applications élevées d'intrants et à la présence de bovins dans des terres à fort potentiel de ruissellement.

Les terres du groupe 14 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 14 % de toutes les terres agricoles. Moins d'un dixième de la superficie agricole du groupe 14 est en jachère. En outre, le travail minimum du sol a été adopté dans environ un tiers des terres. Il est possible que les zones cultivées de ce groupe accumulent de la matière organique. Près d'un quart (24 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 5 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 14 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée à cause du pourcentage élevé de cultures annuelles. Les groupes 14, 10 et 8 ont le plus haut taux de végétation indigène des groupes à jachère restreinte.

Tableau 4.17 Terrains du groupe 14

Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage faible à moyen, haute diversité de cultures

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols noirs ou gris foncé imparfaitement drainés (pente < 4 %)	987 133	28
Sols noirs bien drainés (pentes < 4 %)	791 768	22
Sols noirs bien drainés (pentes 5 - 9 %)	425 513	12
Relief fortement incliné à montagneux	423 822	12
Sols faiblement drainés	357 501	10
Sols gris foncé ou luvisols bien drainés	318 332	9
Sols sableux	279 090	8
Total	**3 583 158**	**100**

de produits chimiques et d'engrais étaient élevées (99 $/ ha).

Le groupe 14 a un pourcentage deux fois plus élevé de fermes qui déclarent des bovins et des pâturages que le groupe 7, et compte une très haute proportion de fermes cultivant de la luzerne et du foin. Au plan des cultures, le groupe 14 présentait une diversité un peu moins grande que le groupe 7. Une plus faible proportion de fermes cultivaient du canola, du lin et des pois, mais la rotation continue était courante. Les rotations étaient de type céréales-canola/lin/pois ou céréales-céréales-céréales-canola/lin/pois. Parfois, la jachère s'insérait dans la rotation, habituellement avant le canola. Ce groupe compte une haute fréquence de petites superficies en jachère.

Moins d'un tiers (30 %) de la superficie agricole est exploitée pour l'élevage bovin (99 têtes par ferme possédant du bétail). Plus de la moitié des fermes (57 %) ont déclaré des bovins. Près d'un tiers (30 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion élevée de fermes produisait de la luzerne (47 %) et du foin cultivé (18 %).

Le risque global d'érosion éolienne est faible dans les terres du groupe 14 à cause de la faible vélocité des vents comparativement aux autres régions des Prairies. Le risque d'érosion par l'eau et le travail du sol est également faible dans une bonne portion des terres à cause du relief relativement égal. Le risque d'érosion hydrique est plus élevé dans les régions du lac Pelican et du lac Rock, en raison de l'effet combiné du relief morainique très abrupt et de l'importance des précipitations dans cette partie du Manitoba.

Dans le groupe 14, le risque de salinité est moyen. Moins d'un quart des terres agricoles présentent un risque de salinité variant de modéré à élevé. Bien que trois quarts des terres cultivées de ce groupe présentent une faible vulnérabilité en ce qui concerne la qualité de l'eau de surface, les zones de vulnérabilité élevée ou très élevée sont plus grandes par rapport à la moyenne des Prairies. Ce risque accru est dû aux applications élevées d'intrants et à la présence de bovins dans des terres à fort potentiel de ruissellement.

Les terres du groupe 14 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 14 % de toutes les terres agricoles. Moins d'un dixième de la superficie agricole du groupe 14 est en jachère. En outre, le travail minimum du sol a été adopté dans environ un tiers des terres. Il est possible que les zones cultivées de ce groupe accumulent de la matière organique. Près d'un quart (24 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 5 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 14 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée à cause du pourcentage élevé de cultures annuelles. Les groupes 14, 10 et 8 ont le plus haut taux de végétation indigène des groupes à jachère restreinte.

Tableau 4.17 Terrains du groupe 14

Cultures prédominantes, jachère très restreinte, pâturage faible à moyen, haute diversité de cultures

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols noirs ou gris foncé imparfaitement drainés (pente < 4 %)	987 133	28
Sols noirs bien drainés (pentes < 4 %)	791 768	22
Sols noirs bien drainés (pentes 5 - 9 %)	425 513	12
Relief fortement incliné à montagneux	423 822	12
Sols faiblement drainés	357 501	10
Sols gris foncé ou luvisols bien drainés	318 332	9
Sols sableux	279 090	8
Total	**3 583 158**	**100**

Tableau 4.18 Terrains du groupe 15

Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols morainiques noirs bien drainés	1 896 903	38
Sols morainiques brun foncé bien drainés	937 475	19
Sols lacustres ou fluviaux bien drainés	819 261	16
Sols faiblement drainés ou organiques	612 522	12
Sols morainiques gris foncé ou luvisols bien drainés	455 535	9
Sols solonetziques brun foncé	229 619	5
Relief fortement incliné à montagneux	104 055	2
Total	**5 057 370**	**100**

Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin (groupe 15)

Le groupe 15 représente les sols noirs de la plaine morainique située dans le centre-est de la Saskatchewan. La région d'Indian Head est très représentative de ce groupe (tableau 4.18). Deux tiers des terres sont relativement uniformes et sont formées de chernozems noirs bien drainés qui ont évolué sur une plaine morainique ondulante juxtaposée aux zones de sols brun foncé et gris foncé. Les sols sableux dérivés des matériaux fluviaux et lacustres sont principalement utilisés pour le pâturage, comme c'est le cas des enclaves de sols solonetziques faiblement drainés et de terres fortement accidentées.

Dans ce groupe, les terres agricoles supportent principalement des cultures annuelles (75 %). L'assolement est caractérisé par un pourcentage moyen de jachère (20 %) et un pourcentage élevé d'oléagineux (13 %). Le groupe comporte un pourcentage non négligeable de superficies en lin (4 %). Deux tiers (68 %) des fermes de culture ont déclaré des superficies en jachère, tandis que près de deux cinquièmes (42 %) ont déclaré des superficies en canola et un cinquième (21 %) ont déclaré du lin. Les frais de produits chimiques et d'engrais (58 $/ha) étaient légèrement inférieurs à la moyenne des Prairies.

Le groupe 15 se rapproche beaucoup des groupes 7 et 14, mais il compte plus de jachère et présente une moins grande diversité de cultures. Les pourcentages de jachère étaient identiques à ceux des régions plus arides, cette pratique étant utilisée dans le groupe 15 comme moyen de contrôler les risques et de minimiser les dépenses. Le régime de cultures adopté par deux tiers des exploitations agricoles semble consister à pratiquer la jachère une année pour ensuite implanter des cultures deux années de suite. Le reste des fermes pratiquent la rotation continue. Les cultures dicotylédones occupent près d'un quart des emblavures.

Les superficies en pâturage et les nombres de bovins se situaient entre ceux des groupes 7 et 14. Seulement un cinquième (21 %) de la superficie agricole était exploitée pour l'élevage bovin (96 têtes par ferme possédant du bétail), mais près de la moitié des fermes (46 %) ont déclaré des bovins. Un cinquième (21 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion significative de fermes produisait de la luzerne (30 %) et du foin cultivé (14 %).

La faible érodibilité des sols et les conditions climatiques humides se combinent pour réduire le risque d'érosion éolienne dans les terres cultivées du groupe 15. Néanmoins, on observe des terres sensibles à l'érosion dans les enclaves de sols sableux, comme aux environs du lac Spirit, dans le centre-est de la Saskatchewan.

Le risque d'érosion par l'eau est généralement faible, mais devient modéré lorsqu'on passe dans les terres à relief plus accidenté. Dans certains champs, le travail intensif du sol peut favoriser des conditions de ravinement intense pendant de brèves périodes à la fonte

des neiges. Enfin, le risque d'érosion par le travail du sol est modéré en raison de la complexité du terrain morainique.

Dans le groupe 15, le risque de salinité varie de faible à modéré. Bien que le groupe comporte surtout des terres de formation morainique, la forte pluviométrie et le faible taux d'évaporation réduisent le risque de salinisation.

Les terres du groupe 15 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 7 % de toutes les terres agricoles. Un cinquième de la superficie agricole du groupe 15 est en jachère, tandis que le travail minimum du sol a été adopté dans plus de deux cinquièmes des terres. Les pertes de matière organique du sol sont peu probables dans les zones cultivées de ce groupe.

Près d'un cinquième (18 %) des terres agricoles supportent une végétation indigène, ce qui représente 5 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 15 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée à cause du pourcentage élevé de cultures annuelles.

GRAND GROUPE – CULTURES PRÉDOMINANTES, LIN JACHÈRE RESTREINTE

Les polygones appelés *Cultures prédominantes, jachère restreinte*, qui étaient caractérisés par des superficies en jachère inférieures à 25 %, ont été répartis en trois groupes, en fonction de leur assortiment de cultures. Le premier polygone et le plus évident couvrait la région de la Rivière-de-la-Paix et comportait un haut pourcentage de surfaces en oléagineux. Dans tous les polygones du groupe 10 (*Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants*), les cultures oléagineuses représentent plus de 24 % des superficies et reviennent dans la rotation plus fréquemment qu'une fois tous les quatre ans, tel qu'il est recommandé. Le groupe 10 est également caractérisé par de faibles superficies en lin (moins de 2 % des terres cultivées).

Les polygones du groupe *Cultures prédominantes, jachère restreinte* qui comportaient de légumineuses à graines mais peu de lin ont fait l'objet d'un groupe distinct. Dans les Prairies, 25 % des polygones PPC comportent des superficies en légumineuses à graines supérieures à 2,7 % de l'ensemble de l'assolement. Si les superficies des légumineuses à graines dépassaient 2,6 % des terres cultivées et étaient supérieures à celle de lin, et si la jachère occupait moins de 25 % des terres cultivées, le groupe était appelé *Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines* (groupe 2).

Le dernier groupe était appelé *Cultures prédominantes, jachère restreinte, céréales et oléagineux* (groupe 8). Dans les polygones de ce groupe, la jachère représentait moins de 25 % des superficies, les cultures oléagineuses moins de 24 %, les légumineuses à graines moins de 2,6 % et le lin moins de 2 %.

Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants (groupe 10)

Le groupe 10 couvre presque exclusivement la région de la Rivière-de-la-Paix. La moitié des terres reposent sur des dépôts lacustres plats ou pratiquement plats dans la zone de sols gris foncé et gris; 19 % seulement des terres comportent un relief plus varié (tableau 4.19). Le groupe 10 ne comporte pas de relief fortement accidenté. Ce groupe renferme également des sols solonetziques noirs et gris, qui sont probablement cultivés et faiblement drainés, ainsi que des sols organiques qui ne sont

Tableau 4.19 Terrains du groupe 10

Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols gris foncés ou luvisols imparfaitement à bien drainés (pentes < 4 %)	1 655 361	48
Sols faiblement drainés ou organiques	760 415	22
Sols gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés (pentes 5 - 9 %)	648 515	19
Sols solonetziques noirs ou gris	376 796	11
Total	3 491 088	100

Tableau 4.18 Terrains du groupe 15

Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols morainiques noirs bien drainés	1 898 903	38
Sols morainiques brun foncé bien drainés	937 475	19
Sols lacustres ou fluviaux bien drainés	819 261	16
Sols faiblement drainés ou organiques	612 522	12
Sols morainiques gris foncé ou luvisols bien drainés	455 535	9
Sols solonetziques brun foncé	229 619	5
Relief fortement incliné à montagneux	104 055	2
Total	**5 057 370**	**100**

Cultures prédominantes, jachère moyenne, lin (groupe 15)

Le groupe 15 représente les sols noirs de la plaine morainique située dans le centre-est de la Saskatchewan. La région d'Indian Head est très représentative de ce groupe (tableau 4.18). Deux tiers des terres sont relativement uniformes et sont formées de chernozems noirs bien drainés qui ont évolué sur une plaine morainique ondulante juxtaposée aux zones de sols brun foncé et gris foncé. Les sols sableux dérivés des matériaux fluviaux et lacustres sont principalement utilisés pour le pâturage, comme c'est le cas des enclaves de sols solonetziques faiblement drainés et de terres fortement accidentées.

Dans ce groupe, les terres agricoles supportent principalement des cultures annuelles (75 %). L'assolement est caractérisé par un pourcentage moyen de jachère (20 %) et un pourcentage élevé d'oléagineux (13 %). Le groupe comporte un pourcentage non négligeable de superficies en lin (4 %). Deux tiers (68 %) des fermes de culture ont déclaré des superficies en jachère, tandis que près de deux cinquièmes (42 %) ont déclaré des superficies en canola et un cinquième (21 %) ont déclaré du lin. Les frais de produits chimiques et d'engrais (58 $/ha) étaient légèrement inférieurs à la moyenne des Prairies.

Le groupe 15 se rapproche beaucoup des groupes 7 et 14, mais il compte plus de jachère et présente une moins grande diversité de cultures. Les pourcentages de jachère étaient identiques à ceux des régions plus arides, cette pratique étant utilisée dans le groupe 15 comme moyen de contrôler les risques et de minimiser les dépenses. Le régime de cultures adopté par deux tiers des exploitations agricoles semble consister à pratiquer la jachère une année pour ensuite implanter des cultures deux années de suite. Le reste des fermes pratiquent la rotation continue. Les cultures dicotylédones occupent près d'un quart des emblavures.

Les superficies en pâturage et les nombres de bovins se situaient entre ceux des groupes 7 et 14. Seulement un cinquième (21 %) de la superficie agricole était exploitée pour l'élevage bovin (96 têtes par ferme possédant du bétail), mais près de la moitié des fermes (46 %) ont déclaré des bovins. Un cinquième (21 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion significative de fermes produisait de la luzerne (30 %) et du foin cultivé (14 %).

La faible érodibilité des sols et les conditions climatiques humides se combinent pour réduire le risque d'érosion éolienne dans les terres cultivées du groupe 15. Néanmoins, on observe des terres sensibles à l'érosion dans les enclaves de sols sableux, comme aux environs du lac Spirit, dans le centre-est de la Saskatchewan.

Le risque d'érosion par l'eau est généralement faible, mais devient modéré lorsqu'on passe dans les terres à relief plus accidenté. Dans certains champs, le travail intensif du sol peut favoriser des conditions de ravinement intense pendant de brèves périodes à la fonte

des neiges. Enfin, le risque d'érosion par le travail du sol est modéré en raison de la complexité du terrain morainique.

Dans le groupe 15, le risque de salinité varie de faible à modéré. Bien que le groupe comporte surtout des terres de formation morainique, la forte pluviométrie et le faible taux d'évaporation réduisent le risque de salinisation.

Les terres du groupe 15 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 7 % de toutes les terres agricoles. Un cinquième de la superficie agricole du groupe 15 est en jachère, tandis que le travail minimum du sol a été adopté dans plus de deux cinquièmes des terres. Les pertes de matière organique du sol sont peu probables dans les zones cultivées de ce groupe.

Près d'un cinquième (18 %) des terres agricoles supportent une végétation indigène, ce qui représente 5 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 15 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée à cause du pourcentage élevé de cultures annuelles.

GRAND GROUPE – CULTURES PRÉDOMINANTES, LIN JACHÈRE RESTREINTE

Les polygones appelés *Cultures prédominantes, jachère restreinte*, qui étaient caractérisés par des superficies en jachère inférieures à 25 %, ont été répartis en trois groupes, en fonction de leur assortiment de cultures. Le premier polygone et le plus évident couvrait la région de la Rivière-de-la-Paix et comportait un haut pourcentage de surfaces en oléagineux. Dans tous les polygones du groupe 10 (*Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants*), les cultures oléagineuses représentent plus de 24 % des superficies et reviennent dans la rotation plus fréquemment qu'une fois tous les quatre ans, tel qu'il est recommandé. Le groupe 10 est également caractérisé par de faibles superficies en lin (moins de 2 % des terres cultivées).

Les polygones du groupe *Cultures prédominantes, jachère restreinte* qui comportaient de légumineuses à graines mais peu de lin ont fait l'objet d'un groupe distinct. Dans les Prairies, 25 % des polygones PPC comportent des superficies en légumineuses à graines supérieures à 2,7 % de l'ensemble de l'assolement. Si les superficies des légumineuses à graines dépassaient 2,6 % des terres cultivées et étaient supérieures à celle de lin, et si la jachère occupait moins de 25 % des terres cultivées, le groupe était appelé *Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines* (groupe 2).

Le dernier groupe était appelé *Cultures prédominantes, jachère restreinte, céréales et oléagineux* (groupe 8). Dans les polygones de ce groupe, la jachère représentait moins de 25 % des superficies, les cultures oléagineuses moins de 24 %, les légumineuses à graines moins de 2,6 % et le lin moins de 2 %.

Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants (groupe 10)

Le groupe 10 couvre presque exclusivement la région de la Rivière-de-la-Paix. La moitié des terres reposent sur des dépôts lacustres plats ou pratiquement plats dans la zone de sols gris foncé et gris; 19 % seulement des terres comportent un relief plus varié (tableau 4.19). Le groupe 10 ne comporte pas de relief fortement accidenté. Ce groupe renferme également des sols solonetziques noirs et gris, qui sont probablement cultivés et faiblement drainés, ainsi que des sols organiques qui ne sont

Tableau 4.19 Terrains du groupe 10

Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux très importants		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Sols gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés (pentes < 4 %)	1 685 361	48
Sols faiblement drainés ou organiques	780 415	22
Sols gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés (pentes 5 - 9 %)	649 515	19
Sols solonetziques noirs ou gris	375 796	11
Total	**3 491 088**	**100**

La diversification vers les oléagineux et les légumineuses à graines a été encouragée dans plusieurs régions des Prairies; les producteurs doivent toutefois prendre conscience que l'adoption de cultures à faibles risques accroît les risques d'érosion.

probablement pas utilisés pour l'agriculture.

Dans l'ensemble, le groupe 10 a le plus faible pourcentage de terres utilisées pour l'agriculture (44 %). Certaines des terres sont couvertes de forêts, tandis qu'un pourcentage élevé des superficies sont recouvertes de tourbières et de boisés à l'état vierge. Les terres défrichées pour l'agriculture sont principalement consacrées aux cultures annuelles (60 %).

L'assolement des terres cultivées compte un faible pourcentage de jachère (12 %) et un pourcentage élevé d'oléagineux (32 %). Près de deux cinquièmes (37 %) des fermes de cultures ont déclaré des superficies en jachère. Plus de la moitié (55 %) ont déclaré des superficies en canola et moins d'un dixième ont déclaré du lin (2 %) et des pois (9 %). Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient élevés (87 $/ha).

Les sols du groupe 10 supportent le plus faible pourcentage de céréales et le plus haut pourcentage d'oléagineux de toutes les Prairies. Dans les lignes directrices concernant la lutte contre les maladies dans le canola, il est spécifié que « le canola ne devrait pas être cultivé dans le même champ plus d'une fois tous les quatre ans... » (*Saskatchewan Agriculture and Food*, 1999). En Alberta, on recommande également « de pratiquer une rotation de trois ou quatre ans pour empêcher, sinon réduire l'accumulation de résidus de récolte infectés » (*Alberta Agriculture, Food and Rural Development*, 1999). Or, les superficies consacrées aux cultures oléagineuses en 1996 (31 %) ne cadraient pas avec ces recommandations. Il pourrait s'agir d'une situation exceptionnelle dictée par les conditions agronomiques ou par les prix du canola au cours de l'année de recensement, mais selon des spécialistes de la région concernée, il est courant de voir de telles superficies consacrées au canola. La jachère était peu pratiquée dans ce groupe.

Moins de trois dixièmes (28 %) de la superficie agricole était exploitée pour l'élevage bovin (98 têtes par ferme possédant du bétail), et moins de deux cinquièmes des fermes (38 %) ont déclaré des bovins. Environ un quart (28 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion élevée de fermes produisaient de la luzerne (34 %) et du foin cultivé (23 %).

Le risque global d'érosion éolienne est faible dans les terres cultivées du groupe 10 à cause de la faible vélocité des vents dans la région de la Rivière-de-la-Paix. Toutefois, une zone de terres sableuses située au sud de High Level est exposée à un risque modéré d'érosion lorsque les résidus de récolte sont insuffisants pour protéger les champs. De plus, dans certaines régions du groupe 10, les terres cultivées sont fortement menacées par l'érosion due au travail du sol et au ruissellement, à cause des longues pentes abruptes et du pourcentage élevé de graines oléagineuses cultivées sur ces terres.

Les terres du groupe 10 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur 21 % de toutes les terres agricoles. Environ un dixième de la superficie agricole du groupe 10 est en jachère, tandis que le travail minimum du sol a été adopté dans près d'un tiers des terres. Il est probable que les sols cultivés de ce groupe perdent de la matière organique.

Près d'un quart (24 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 2 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 10 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée par le pourcentage élevé de cultures annuelles. Toutefois, une bonne partie des terres non agricoles de ce groupe possèdent un couvert végétal indigène. Les groupes 14, 10 et 8 ont le plus haut taux de végétation indigène des groupes à jachère restreinte.

Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines (groupe 2)

Le groupe 2, l'un des plus vastes, représente les terres relativement plus humides des Prairies (tableau 4.20). Bien que plus de la moitié des terres se trouvent dans la zone de sols noirs, certaines s'étendent sur les zones de sol variant de brun foncé à gris foncé, du sud-est de la Saskatchewan jusque dans la région de la Rivière-de-la-Paix. La majeure partie du groupe est constituée de sols à texture fine et au relief principalement peu vallonné. En contraste, 20 % des superficies du groupe représentent des terres peu productives à cause de fortes pentes, de la présence de sols sableux et d'un drainage insuffisant.

Les terres agricoles du groupe 2 sont généralement consacrées aux cultures annuelles (70 %). L'assolement des terres cultivées compte un faible pourcentage de jachère (14 %), un pourcentage élevé d'oléagineux (16 %) et un pourcentage non négligeable de légumineuses à graines (6 %). La moitié (52 %) des exploitations agricoles ont déclaré des superficies en jachère, et la moitié ont déclaré des superficies en canola. Près d'un cinquième (18 %) ont déclaré des pois. Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient élevés (78 $/ha).

Le groupe 2 était caractérisé par une grande diversité de cultures annuelles. Une part importante de l'assolement était consacrée aux oléagineux, aux légumineuses à graines et, dans une moindre mesure que dans les groupes 7 et 14, au lin. La moitié des exploitations agricoles ont déclaré de la jachère, bien que moins d'un sixième des superficies étaient en jachère. On peut en déduire que la moitié des terres sont exploitées selon une rotation d'un tiers jachère, deux tiers cultures, tandis que l'autre moitié est en rotation continue avec canola, pois ou lin une fois tous les trois ou quatre ans. Les rotations variées et le régime de précipitations relativement abondant contribuent à des frais de produits chimiques et d'engrais assez élevés.

La moitié des fermes ont déclaré des pâturages et des bovins, et un tiers d'entre elles ont déclaré des superficies de luzerne. Un

Tableau 4.20 Terrains du groupe 2

Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols noirs modérément ou assez bien drainés (pentes < 4 %)	1 879 073	27
Sols gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés	1 414 245	21
Sols bruns foncés bien drainés	1 222 112	18
Sols sableux, alluviaux, faiblement drainés ou organiques	936 700	13
Sols noirs bien drainés (pentes 5 - 9 %)	885 720	13
Relief fortement incliné à montagneux	548 162	8
Total	**6 835 912**	**100**

Les terres du groupe 10 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur 21 % de toutes les terres agricoles. Environ un dixième de la superficie agricole du groupe 10 est en jachère, tandis que le travail minimum du sol a été adopté dans près d'un tiers des terres. Il est probable que les sols cultivés de ce groupe perdent de la matière organique.

Près d'un quart (24 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 2 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 10 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée par le pourcentage élevé de cultures annuelles. Toutefois, une bonne partie des terres non agricoles de ce groupe possèdent un couvert végétal indigène. Les groupes 14, 10 et 8 ont le plus haut taux de végétation indigène des groupes à jachère restreinte.

Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines (groupe 2)

Le groupe 2, l'un des plus vastes, représente les terres relativement plus humides des Prairies (tableau 4.20). Bien que plus de la moitié des terres se trouvent dans la zone de sols noirs, certaines s'étendent sur les zones de sol variant de brun foncé à gris foncé, du sud-est de la Saskatchewan jusque dans la région de la Rivière-de-la-Paix. La majeure partie du groupe est constituée de sols à texture fine et au relief principalement peu vallonné. En contraste, 20 % des superficies du groupe représentent des terres peu productives à cause de fortes pentes, de la présence de sols sableux et d'un drainage insuffisant.

Les terres agricoles du groupe 2 sont généralement consacrées aux cultures annuelles (70 %). L'assolement des terres cultivées compte un faible pourcentage de jachère (14 %), un pourcentage élevé d'oléagineux (16 %) et un pourcentage non négligeable de légumineuses à graines (6 %). La moitié (52 %) des exploitations agricoles ont déclaré des superficies en jachère, et la moitié ont déclaré des superficies en canola. Près d'un cinquième (18 %) ont déclaré des pois. Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient élevés (78 $/ha).

Le groupe 2 était caractérisé par une grande diversité de cultures annuelles. Une part importante de l'assolement était consacrée aux oléagineux, aux légumineuses à graines et, dans une moindre mesure que dans les groupes 7 et 14, au lin. La moitié des exploitations agricoles ont déclaré de la jachère, bien que moins d'un sixième des superficies étaient en jachère. On peut en déduire que la moitié des terres sont exploitées selon une rotation d'un tiers jachère, deux tiers cultures, tandis que l'autre moitié est en rotation continue avec canola, pois ou lin une fois tous les trois ou quatre ans. Les rotations variées et le régime de précipitations relativement abondant contribuent à des frais de produits chimiques et d'engrais assez élevés.

La moitié des fermes ont déclaré des pâturages et des bovins, et un tiers d'entre elles ont déclaré des superficies de luzerne. Un

Tableau 4.20 Terrains du groupe 2

Cultures prédominantes, jachère restreinte, légumineuses à graines		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Sols noirs modérément ou assez bien drainés (pentes < 4 %)	1 879 073	27
Sols gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés	1 414 245	21
Sols brun foncé bien drainés	1 222 112	18
Sols sableux, alluviaux, faiblement drainés ou organiques	888 700	13
Sols noirs bien drainés (pentes 5 - 9 %)	885 720	13
Relief fortement incliné à montagneux	545 162	8
Total	**6 835 012**	**100**

quart (25 %) de la superficie agricole était exploitée pour l'élevage bovin (105 têtes par ferme possédant du bétail), et près de la moitié des fermes (46 %) ont déclaré des bovins. Plus de la moitié (51 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion élevée de fermes produisaient de la luzerne (30 %) et du foin cultivé (17 %).

Le pourcentage élevé de cultures oléagineuses et de légumineuses à graines qui caractérise le groupe 2 augmente le risque global d'érosion éolienne et hydrique comparativement aux céréales. La faible intensité des vents, par rapport aux régions plus chaudes et arides des Prairies, se traduit par un risque d'érosion éolienne modéré dans les sols morainiques de ce groupe. Toutefois, les sols argileux de la région de Regina, qui sont travaillés de manière intense, sont exposés à des conditions de gel-dégel qui les rend particulièrement sensibles à l'érosion au printemps. Les sols lacustres situés aux abords de la rivière Saskatchewan Sud, en aval du lac Diefenbaker, et de la rivière Saskatchewan Nord, dans la province du même nom, sont également assez sensibles à l'érosion éolienne.

L'érosion hydrique est relativement faible dans le groupe 2, du fait que le relief est surtout composé de pentes douces, sauf peut être dans les terres plus bosselées. L'érosion causée par la fonte des neiges pourrait survenir dans les reliefs qui facilitent la concentration des eaux de ruissellement et le ravinement. Le risque d'érosion causée par le travail du sol varie de modéré à faible en raison du relief principalement uniforme et de la faible présence de jachère.

Le risque de salinité varie de faible à modéré dans le groupe 2. Bien que le matériau parental des sols de ce groupe comporte une teneur saline plus élevée que ceux d'autres groupes à faible pourcentage de jachère, les précipitations élevées et la faible évapotranspiration contribuent à réduire le potentiel de salinisation. Un quart des terres cultivées du groupe 2 présentaient une forte vulnérabilité en ce qui concerne la qualité de l'eau de surface. Cette situation s'explique par les importantes quantités d'intrants et par le potentiel accru de ruissellement.

Les terres du groupe 2 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur seulement 9 % de toutes les terres agricoles. Moins d'un cinquième de la superficie agricole du groupe 2 est en jachère, et le travail minimum du sol a été adopté dans plus de deux cinquièmes des terres et d'un tiers des fermes. Il est probable que les sols cultivés de ce groupe perdent de la matière organique.

Près d'un cinquième (18 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 7 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 2 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée par le pourcentage élevé de cultures annuelles.

Cultures prédominantes, jachère restreinte, oléagineux et céréales (groupe 8)
Les terres du groupe 8 se trouvent principalement dans la zone de sols noirs et sont représentatives des terres agricoles typiques des Prairies que l'on rencontre près de Red Deer et de Lloydminster, en Alberta, ainsi que dans des régions similaires de la Saskatchewan (tableau 4.21). La présence dans ce groupe de sols solonetziques noirs aux alentours de Vegreville explique peut-être le pourcentage accru de superficies en fourrages par rapport au groupe 2, dont les sols sont relativement semblables. Les terres s'étendent sur les zones de sol variant de brun foncé à gris foncé. Un relief accidenté ou un faible drainage expliquent que 20 % des terres de ce groupe soient considérées marginales.

Les terres agricoles du groupe 8 sont surtout consacrées aux cultures annuelles (62 %), dont un faible pourcentage de jachère (13 %) et un pourcentage élevé d'oléagineux (15 %). Deux cinquièmes (43 %) des fermes de cultures ont déclaré des superficies en jachère. Deux cinquièmes (39 %) ont déclaré des superficies en canola et moins d'un dixième ont déclaré des pois (5 %) ou du lin (3 %). Les frais de produits chimiques et d'engrais étaient élevés (77 $/ha).

Les superficies cultivées du groupe 8 étaient principalement

Tableau 4.21 Terrains du groupe 8

Cultures prédominantes, jachère restreinte, céréales et oléagineux

Terrain	Superficie (ha)	% du groupe
Sols gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés	1 819 068	26
Sols noirs imparfaitement à bien drainés (pentes < 4 %)	1 440 192	21
Sols noirs bien drainés (pentes 5 - 9 %)	1 230 870	18
Sols brun foncé bien drainés	943 709	14
Sols faiblement drainés ou organiques	865 067	12
Relief fortement incliné à montagneux	651 569	10
Total	**6 950 475**	**100**

consacrées aux céréales et aux oléagineux. Comme dans le groupe 10, on a observé très peu de diversification vers le lin et les légumineuses à graines.

Ce groupe comportait le nombre le plus élevé de bovins par ferme parmi tous les groupes de *Cultures prédominantes*, ce qui laisse supposer que la diversification vers l'élevage bovin était plus fréquente que la diversification des cultures. Plus d'un quart (30 %) de la superficie agricole était exploitée pour l'élevage bovin (125 têtes par ferme possédant du bétail), et plus de la moitié des fermes (53 %) ont déclaré des bovins. Plus d'un quart (30 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion élevée de fermes produisaient de la luzerne (35 %) et du foin cultivé (18 %).

Dans les terres cultivées du groupe 8, le risque d'érosion éolienne était faible en raison de la texture des sols de type loam et loam argileux, du faible pourcentage de superficies en jachère dans la rotation et de l'effet combiné des vents à vélocité réduite et des faibles déficits hydriques caractéristiques de ce groupe. Le risque global d'érosion hydrique est également faible, mais des cas modérés d'érosion en nappe, en rigoles et en ravinement peuvent se produire dans les reliefs bosselés typiques de la région située à l'est de Viking (Alberta). L'érosion causée par le travail du sol est modérée dans les zones de relief bosselé.

Le risque de salinité est faible dans le groupe 8, bien que certaines terres telles que les sols solonetziques situés près de Vegreville présentent un risque modéré à élevé. Comparativement au reste des Prairies, le groupe 8 comporte un pourcentage nettement supérieur de terres classées de vulnérables à très vulnérables en ce qui a trait à la qualité de l'eau de surface. Cette situation s'explique par les importantes quantités d'intrants, le nombre élevé de bovins et le fort potentiel de ruissellement. La région couverte par le groupe 8 reçoit des précipitations plus abondantes et bénéficie généralement d'un meilleur drainage que les autres pédo-paysages.

Les terres du groupe 8 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur 12 % de toutes les terres agricoles. Un peu plus d'un dixième de la superficie agricole du groupe 8 est en jachère, et le travail minimum du sol a été adopté dans environ deux cinquièmes des terres et un tiers des fermes. Il est probable que les sols cultivés de ce groupe accumulent de la matière organique.

Près d'un cinquième (18 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 8 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 8 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée par le pourcentage élevé de cultures annuelles.

Les groupes 14, 10 et 8 ont le plus haut taux de végétation indigène des groupes à jachère restreinte. Ensemble, les groupes 2 et 8 représentent autant de terres en végétation indigène que l'un ou l'autre des groupes 9 et 12, qui désignent les *Pâturages prédominants*.

Tableau 4.21 Terrains du groupe 8

Cultures prédominantes, jachère restreinte, céréales et oléagineux		
Terrain	**Superficie (ha)**	**% du groupe**
Sols gris foncé ou luvisols imparfaitement à bien drainés	1 819 068	26
Sols noirs imparfaitement à bien drainés (pentes < 4 %)	1 440 192	21
Sols noirs bien drainés (pentes 5 - 9 %)	1 230 870	18
Sols brun foncé bien drainés	943 709	14
Sols faiblement drainés ou organiques	865 067	12
Relief fortement incliné à montagneux	661 569	10
Total	**6 960 475**	**100**

consacrées aux céréales et aux oléagineux. Comme dans le groupe 10, on a observé très peu de diversification vers le lin et les légumineuses à graines.

Ce groupe comportait le nombre le plus élevé de bovins par ferme parmi tous les groupes de *Cultures prédominantes*, ce qui laisse supposer que la diversification vers l'élevage bovin était plus fréquente que la diversification des cultures. Plus d'un quart (30 %) de la superficie agricole était exploitée pour l'élevage bovin (125 têtes par ferme possédant du bétail), et plus de la moitié des fermes (53 %) ont déclaré des bovins. Plus d'un quart (30 %) des fermes ont déclaré des superficies en pâturage non amélioré, tandis qu'une proportion élevée de fermes produisaient de la luzerne (35 %) et du foin cultivé (18 %).

Dans les terres cultivées du groupe 8, le risque d'érosion éolienne était faible en raison de la texture des sols de type loam et loam argileux, du faible pourcentage de superficies en jachère dans la rotation et de l'effet combiné des vents à vélocité réduite et des faibles déficits hydriques caractéristiques de ce groupe. Le risque global d'érosion hydrique est également faible, mais des cas modérés d'érosion en nappe, en rigoles et en ravinement peuvent se produire dans les reliefs bosselés typiques de la région située à l'est de Viking (Alberta). L'érosion causée par le travail du sol est modérée dans les zones de relief bosselé.

Le risque de salinité est faible dans le groupe 8, bien que certaines terres telles que les sols solonetziques situés près de Vegreville présentent un risque modéré à élevé. Comparativement au reste des Prairies, le groupe 8 comporte un pourcentage nettement supérieur de terres classées de vulnérables à très vulnérables en ce qui a trait à la qualité de l'eau de surface. Cette situation s'explique par les importantes quantités d'intrants, le nombre élevé de bovins et le fort potentiel de ruissellement. La région couverte par le groupe 8 reçoit des précipitations plus abondantes et bénéficie généralement d'un meilleur drainage que les autres pédo-paysages.

Les terres du groupe 8 sont principalement occupées par des cultures annuelles. On a recensé un couvert végétal permanent sur 12 % de toutes les terres agricoles. Un peu plus d'un dixième de la superficie agricole du groupe 8 est en jachère, et le travail minimum du sol a été adopté dans environ deux cinquièmes des terres et un tiers des fermes. Il est probable que les sols cultivés de ce groupe accumulent de la matière organique.

Près d'un cinquième (18 %) des terres agricoles de ce groupe supportent une végétation indigène, ce qui représente 8 % de la végétation indigène de toutes les terres agricoles des Prairies. La contribution du groupe 8 à l'habitat et à la biodiversité de la faune est limitée par le pourcentage élevé de cultures annuelles.

Les groupes 14, 10 et 8 ont le plus haut taux de végétation indigène des groupes à jachère restreinte. Ensemble, les groupes 2 et 8 représentent autant de terres en végétation indigène que l'un ou l'autre des groupes 9 et 12, qui désignent les *Pâturages prédominants*.

Rapports entre les groupes de pratiques agricoles

Comme prévu, les groupes de pratiques agricoles fournissent des indices sur les mesures d'adaptation prises par les producteurs de l'Ouest canadien vis-à-vis du potentiel des terres. De manière générale, les grandes zones de pâturage sont situées dans les terres peu propices à la culture, la jachère est principalement pratiquée dans les régions arides et les cultures sont plus diversifiées dans les terres fertiles. Bien que ces tendances coulent de source, l'étude a permis de représenter ces rapports de manière spatiale ou visuelle.

En plus d'adapter leurs pratiques aux terres, les producteurs se sont pliés à la conjoncture de mise en marché, de transport et d'orientation stratégique de chacune des provinces. À titre d'exemple, le groupe 10 (oléagineux très importants) semble révéler que les producteurs ont tiré parti des prix élevés et des frais de transport relativement faibles vers la côte ouest en ensemençant près d'un tiers des terres en canola et en autres cultures oléagineuses.

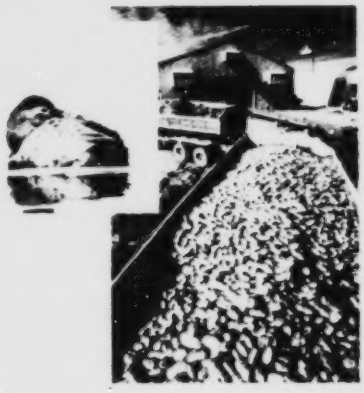
Pour leur part, les producteurs de l'ouest de l'Alberta se sont tournés vers l'élevage bovin pour transformer et écouler leur production céréalière. Au Manitoba, les producteurs ont semé un vaste éventail de cultures, notamment le lin et les légumineuses à graines, en plus des graines oléagineuses et des céréales. Dans certaines régions de la Saskatchewan, les producteurs ont continué de pratiquer la jachère sur des superficies importantes en comparaison des superficies de terres comparables en Alberta et au Manitoba. Cette pratique de conduite des terres pourrait provenir de l'attachement des producteurs aux méthodes agricoles conventionnelles.

Dans les régions plus arides, les cultures oléagineuses ont fait des avancées significatives dans la zone de sols brun foncé, tandis que dans d'autres régions, les légumineuses à graines, en particulier les lentilles, ont pris un essor considérable. Les lentilles qui poussent bien dans les conditions sèches, constituent une solution pour la diversification et l'accroissement des revenus de cultures dans la zone de sols brun foncé. Il serait justifié de penser que les oléagineux et les légumineuses à graines vont continuer de prendre de l'expansion, et ce au détriment du blé et de la jachère dans le sud de la Saskatchewan. Le groupe 1 (faibles intrants, jachère importante) s'en trouvera diminué.

La plupart des zones à pâturage dominant changeront probablement peu. Le groupe 3 (très grandes fermes) est caractérisé principalement par des herbages naturels, tandis que l'assolement dans les terres cultivées est similaire à celui du groupe 1 (faibles intrants, jachère importante). Essentiellement, les terres conviennent uniquement à la production de fourrages pérennes, si bien que toute tentative de défricher et d'ensemencer ces terres suscitera des craintes environnementales. Les gains de productivité passent impérativement par une conduite des herbages axée sur l'amélioration des parcours. Par ailleurs, il serait possible d'accroître de manière substantielle la production fourragère dans l'autre groupe de pâturage prédominant (groupe 6) en adoptant une gestion plus intensive des pâturages semés et des terres en foin.

L'identification des groupes de pratiques agricoles fournit un fondement à partir duquel il est possible de prévoir l'évolution des cultures, des pâturages et de la production de foin dans les Prairies. Chacun des groupes évoluera différemment selon les contraintes de changement exercées par le prix des récoltes, les débouchés, l'évolution du réseau de transport, les percées technologiques, les politiques gouvernementales et les préoccupations environnementales. Les groupes de pratiques agricoles pourront alors servir à cerner les changements susceptibles de créer des situations néfastes pour les terres agricoles.

Chapitre 5 : Questions relatives à la gestion des terres



Introduction

De nos jours, les agriculteurs doivent aborder de nombreuses questions. Le coût élevé des intrants et le faible prix des produits rendent la prise de décisions plus complexe. Au cours de la conférence Planning for a Sustainable Future – The Case of the North American Great Plains (Wilhite et Smith, 1995) organisée en 1995, les groupes de discussion ont convenu que les agriculteurs devaient surmonter les difficultés suivantes :

- *dettes accaparentes*
- *accès limité aux capitaux*
- *risque personnel plutôt que collectif*
- *frais de transport élevés*
- *coût élevé des engrais et des pesticides*
- *poids insuffisant dans les négociations avec les grandes entreprises*
- *aucun contrôle sur le cours mondial des produits*
- *en apparence peu d'influence sur le plan politique*

Les choses ont peu changé. Face à ces conditions, la tendance croissante est de cultiver des superficies de plus en plus grandes, de diversifier et de prendre d'autres mesures. Pour certains, produire davantage lorsque les prix sont à la baisse ne constitue pas une solution (Dorosh, 1998), et les conséquences pour la gestion future des ressources en sols dans les Prairies sont incertaines.

En 1995, on a rédigé la *Stratégie environnementale nationale pour le secteur agricole* et agroalimentaire à l'intention du ministre fédéral de l'Agriculture et de ses homologues provinciaux (AAC, 1995a). Le rapport indique que « Parmi les défis qu'il devra relever, citons la surexploitation des ressources, les nouvelles techniques, les accords commerciaux et les préoccupations du public à l'égard de l'environnement. » En outre, il révèle que le développement durable exigera de trouver un équilibre entre les facteurs sociaux, économiques et environnementaux.

Les facteurs sociaux sont influencés par la taille des exploitations agricoles, les mouvements démographiques et les infrastructures nécessaires pour soutenir une vie rurale de qualité. Les facteurs économiques comprennent notamment l'évolution des marchés et l'augmentation des coûts de production. Le volet environnemental reflète les changements aux ressources en sols et en eaux et une sensibilisation accrue du public en ce qui a trait aux incidences environnementales.

Les questions touchant la viabilité peuvent être réparties en quatre grandes catégories :

- public
- environnement
- collectivité
- exploitation agricole

Pour chacune de ces catégories, on a établi des questions particulières et des éléments moteurs (voir les tableaux 5.1 à 5.4) qui influeront vraisemblablement en tout ou en partie sur les trois facteurs suivants :

- conditions du marché
- attitudes sociales/affectives
- coûts de production

Photo : Dave Reede

Questions d'intérêt public

Le tableau 5.1 dresse un aperçu des grandes questions d'intérêt public qui influent actuellement, ou influeront vraisemblablement, sur les décisions des producteurs. Ce sont notamment les questions administratives et juridiques, ainsi que les questions relatives aux accords internationaux.

Programmes, politiques et lois

Il est possible de concevoir des programmes gouvernementaux qui encouragent la réalisation des objectifs jugés être dans le meilleur intérêt du public. Ces incitatifs peuvent varier : diffusion d'information, partage des coûts, reconnaissance publique et l'imposition de lois et règlements.

Les politiques et les lois peuvent influencer les échanges, les marchés et les décisions de gestion des terres. Elles peuvent être élaborées de sorte que les signaux du marché et les avantages comparés encouragent les producteurs et les transformateurs à accroître leurs entreprises. Toutefois, l'expansion peut exercer de fortes pressions sur les ressources naturelles lorsque les producteurs essaient de

fournir des matériaux bruts à des fins de transformation et d'exportation. De même, d'autres politiques et lois peuvent être élaborées pour protéger l'environnement (c.-à-d. obligations en matière de viabilité et de biodiversité) et pour encourager l'utilisation viable des terres afin que les générations futures puissent bénéficier d'écosystèmes diversifiés et sains.

L'objectif de croissance de 4 % des échanges agroalimentaires mondiaux fixé par le Conseil canadien de commercialisation des produits agroalimentaires (CCCPA) constitue un exemple d'élément moteur axé sur l'expansion des exportations. Un document d'AAC évaluant l'objectif du CCCPA traite des domaines où le gouvernement pourrait aider l'industrie à atteindre cet objectif (AAC, 1998). Cinq priorités ont été cernées :

- faciliter l'approvisionnement des facteurs de production
- accroître la productivité
- assouplir/éliminer les obstacles réglementaires
- accroître l'accès aux marchés
- assurer la viabilité de l'environnement

Atteindre les objectifs du CCCPA nécessitera des changements importants en vue d'accroître la production primaire. Pour rencontrer la cible d'exportation, il est essentiel de réviser les politiques liées à la gestion des approvisionnements, au classement, à l'octroi des permis et à l'emballage, d'accroître la production de façon significative et de pénétrer davantage les marchés internationaux.

Pour réaliser les objectifs du CCCPA, les exportations de produits en vrac devront diminuer, mais la production d'extrants devra augmenter considérablement pour répondre aux demandes croissantes du secteur de la transformation. À cette fin, on prévoit qu'un million d'hectares de terres supplémentaires devront être mises en production au Canada, portant la superficie cultivée totale à 39 millions d'hectares.

La proposition du CCCPA visant à hausser considérablement les exportations agroalimentaires a des répercussions évidentes sur la viabilité de l'environnement.

Accroître les pressions en vue de produire davantage à partir d'un territoire relativement statique donnera les résultats suivants :

- pression en vue d'augmenter les superficies de production annuelle. Cela entraînera la conversion de nombreux hectares de pâturages et d'autres terres marginales à la culture, ce qui influera sur la qualité et la biodiversité de l'habitat faunique.
- accroissement de l'intensité de gestion des terres cultivées, ce qui entraînera une plus grande utilisation de pesticides, d'engrais et d'organismes génétiquement modifiés (OGM).
- augmentation de la production de fumier et du contrôle des nutriments et des exigences d'élimination des déchets qui y sont associés; augmentation du risque de pollution de l'eau de sources diffuses provenant de l'écoulement et du lessivage des terres cultivées.

Des structures internationales comme l'Organisation mondiale du commerce (OMC) et l'Accord de libre-échange nord-américain

(ALENA) pourraient inciter le Canada à restreindre sévèrement les mécanismes que l'on estime être des moyens de subvention à la production.

Sur le plan environnemental, le Canada a endossé plusieurs conventions et responsabilités, en particulier en ce qui a trait à la biodiversité. Selon les méthodes utilisées pour faire face à ces responsabilités, leurs effets cumulatifs en tant qu'élément moteur et l'incidence connexe sur les pratiques de gestion de terres pourraient être profonds.

Le rapport Action 21, élaboré lors de la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, le Sommet de la Terre, représente un plan global pour le développement durable du milieu socio-économique et de l'environnement. Il explique que la population, la consommation et la technologie constituent les principaux moteurs de changement du milieu. Action 21 indique ce qui doit être accompli pour éliminer les habitudes de consommation excessives et inefficaces dans certaines parties du monde tout en encourageant le développement durable dans d'autres parties.

Au cours du Sommet de la Terre, on a abordé en particulier le problème de la diminution des ressources génétiques chez les animaux. Par suite de cette rencontre, le Canada a signé la Convention sur la diversité biologique (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1992), et a été l'un des premiers pays à la ratifier. La Convention représente un traité international ayant force obligatoire qui prévoit, entre autres, un engagement en vue d'élaborer une stratégie canadienne sur la biodiversité et de mettre à exécution des plans de conservation de la biodiversité à l'échelle nationale et mondiale. En avril 1996, le gouvernement fédéral, les provinces et les territoires ont paraphé la Stratégie canadienne de la biodiversité.

Agriculture et Agroalimentaire Canada, en tant qu'organisme responsable clé du gouvernement fédéral, a élaboré un plan d'action afin de garantir la conservation et l'utilisation viable des ressources biologiques. Il s'agit notamment des animaux, des plantes et des ressources génétiques microbiennes, ressources importantes pour l'avenir de la production alimentaire au Canada. Le plan a établi les quatre objectifs suivants :

- promouvoir la viabilité des écosystèmes agricoles tout en respectant les écosystèmes naturels
- accroître l'intérêt et la compréhension en ce qui a trait à la biodiversité en agriculture
- conserver les ressources génétiques qui sont importantes à l'agriculture, en favoriser l'accès et échanger les connaissances, l'expertise et les technologies de manière juste et équitable
- intégrer les objectifs de biodiversité, de conservation et d'utilisation viable aux politiques, programmes, stratégies, règlements et activités du ministère.

Dans le cadre de sa stratégie, le gouvernement du Canada a créé des programmes nationaux pour la conservation des fermes, des cultures et des ressources

génétiques animales. Les ressources génétiques du Canada sont vulnérables en raison de la spécialisation croissante de l'agriculture, ce qui mène à l'utilisation d'un moins grand nombre d'espèces végétales et animales. Le gouvernement fédéral travaille en vue de préserver et d'améliorer la diversité des ressources génétiques du Canada par l'acquisition, le développement, l'adaptation, la surveillance, l'utilisation et la distribution de ressources génétiques végétales et animales et d'autres ressources biologiques. La diversité de ces ressources servira de point de départ pour l'amélioration de la résistance aux maladies, aux insectes et aux autres agressions environnementales. (Gouvernement du Canada, 1990).

La conservation de la faune et de l'habitat est une sous-question intrinsèquement liée à la question de la biodiversité. Par biodiversité, on entend la diversité des formes de vie, notamment au niveau génétique, des espèces et des écosystèmes. Le public canadien, et en particulier les spécialistes de l'environnement, s'intéresse énormément à la conservation des espèces sauvages et des écosystèmes naturels. Les chercheurs agricoles dépendent de la conservation des espèces domestiques et des ressources génétiques pour améliorer les cultures et les animaux.

Les questions environnementales et d'intérêt public relatives à la conservation de la faune et de l'habitat surgissent parce que les pratiques agricoles influent sur les espaces naturels et modifie l'habitat, souvent aux dépens de certaines espèces ou populations fauniques. De nos jours, il existe peu de mesures d'intervention qui nuisent à l'habitat. Cependant, l'intensité accrue de la gestion, l'utilisation croissante des pesticides et les pressions exercées pour augmenter les superficies agricoles peuvent avoir des effets négatifs sur l'habitat et les populations fauniques.

Cependant, il est a signalé que l'agriculture a aussi des incidences positives sur la faune. À l'échelle des Prairies, il y a de nombreux cas de réussites dans le domaine de l'habitat faunique. Citons, entre autres, la *Loi sur l'aménagement rural et le développement agricole (ARDA)*, le *Plan nord-américain de gestion de la sauvagine (PNAGS)* et des projets lancés récemment en vue de remettre les rives en état, notamment le projet *Cows and Fish* en Alberta. De plus en plus, on demande aux producteurs de tenir compte de la faune et de l'habitat dans la pratique de l'agriculture. Toutefois, il existe actuellement peu d'incitatifs économiques pour les encourager dans cette veine. Pour continuer à préserver la diversité des espèces sauvages, il pourrait être nécessaire :

- d'appuyer la gestion des terres et de l'eau au moyen d'incitatifs financiers (afin que les agriculteurs soient rétribués lorsqu'ils préservent l'habitat faunique);
- d'encourager un plus grand recours aux servitudes de conservation et aux stimulants fiscaux;
- de favoriser l'adoption de pratiques de gestion optimales;
- de fournir une indemnisation pour les dommages causés aux habitats fauniques et accroître les mesures de prévention;
- d'aider les propriétaires fonciers et les collectivités rurales à tirer parti sur le plan économique des espaces naturels dans la mesure du possible;
- d'appuyer l'acquisition (par les secteurs public et privé) d'habitats.

Afin de protéger les espèces sauvages et leurs habitats, le gouvernement fédéral étudie l'adoption d'une loi sur les espèces en péril visant les terres privées et publiques au Canada. La stratégie sur les espèces en péril permettrait une intervention plus rapide pour protéger une espèce, plutôt que d'attendre que l'espèce soit en danger de disparition en

raison de l'activité humaine. Dans le secteur agricole, on a peur qu'une telle loi impose des restrictions sur l'utilisation des terres et ne prévoit pas l'indemnisation adéquate pour la perte de possibilités de développement économique.

La stratégie proposée de conservation des espèces en péril comprend aussi une référence explicite aux initiatives de gestion, favorisant une approche qui fonctionne à la fois pour les agriculteurs et pour le rétablissement de la faune. En partenariat avec le gouvernement et les organismes de conservation, les agriculteurs avisés pourraient être en mesure de gérer leurs terres de manière à avoir une bonne production agricole tout en minimisant les répercussions sur les espèces en péril.

Plusieurs mesures pourraient influencer la gestion des terres et de la biodiversité. À titre d'exemple,

- on pourrait, au moyen d'une mesure législative, interdire la production agricole dans certaines zones fragiles;
- la planification agro-globale pourrait faciliter le maintien ou l'amélioration des habitats vulnérables en sensibilisant les producteurs;
- la production de recettes pourrait être liée à la conservation des espèces en péril, de sorte que les espèces sauvages soient considérées comme des ressources et non comme des charges en ce qui a trait à la gestion des terres;
- on pourrait offrir des stimulants fiscaux pour les activités de conservation.

Photo avec la permission de Canards Illimités

Accords internationaux

Le gouvernement fédéral représente les intérêts du public en ce qui concerne les accords internationaux visant d'autres partenaires commerciaux et, souvent, l'ensemble de la communauté internationale. Les éléments moteurs dans cette catégorie comprennent le Protocole de Kyoto, la Convention sur la diversité biologique, le PNAGS, l'ALENA et les accords sur l'OMC.

Protocole de Kyoto : En décembre 1997, des représentants du Canada et de 160 autres pays réunis à Kyoto, au Japon, ont convenu de nouvelles limites ayant force obligatoire pour les émissions de gaz à effet de serre dans les pays industrialisés (Nations Unies. 1998).

Dans le cadre de l'accord, qui n'a pas encore été ratifié, les pays développés doivent réduire les émissions de six gaz à effet de serre : dioxide de carbone, méthane, oxyde nitreux, hydrocarbure fluoré, perfluocarbone et hexaflorure de souffre. Toutefois, l'accord est suffisamment souple pour permettre aux pays développés de respecter leurs engagements au moyen d'échanges de droits d'émission.

Le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 6 % en dessous des niveaux de 1990 d'ici 2012 (Nations Unies, 1998). En 1995, au moins 80 % des émissions de gaz à effet de serre du Canada résultaient de l'utilisation du charbon, du pétrole et du gaz naturel pour produire de l'électricité et pour alimenter les usines, les foyers et les automobiles. Actuellement, l'agriculture est responsable d'environ 10 % des émissions de gaz à effet de serre au pays. (Jacques *et al.*, 1997). Les questions relatives aux émissions de gaz à effet de serre et aux changements climatiques connexes pourraient influer sur l'industrie agricole dans les domaines de la gestion des sols, de la production accrue de cultures fourragères, de l'utilisation réduite de combustibles fossiles et des pratiques culturales.

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Environnement Canada et des organismes non gouvernementaux comme Canards Illimités ont mis l'accent sur l'élaboration et l'adoption de pratiques de gestion optimales en agriculture afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Le tableau d'Agriculture et Agroalimentaire Canada sur les changements climatiques reconnaît qu'il existe de grandes possibilités de séquestrer le carbone par l'adoption de pratiques de gestion optimales. Il s'agit notamment des pratiques suivantes : réduction des jachères, culture sans labour, culture avec travail réduit du sol, utilisation de plantes fourragères et de légumineuses vivaces, application plus efficace des engrais et des matières organiques. Selon les estimations, il est possible de séquestrer de 11 à 26 Mt de dioxide de carbone par année, selon les taux d'adoption et les incitatifs utilisés (AAC, 2000).

Même si des progrès ont été réalisés en ce qui a trait à la modification des pratiques agricoles pour les rendre plus viables sur le plan environnemental, le mode d'exploitation dans le secteur sera toujours fondé sur le rendement économique. Si une pratique n'est pas rentable, elle sera éliminée, peu importe la responsabilité de gérance ou les bienfaits pour l'environnement.

ALENA : L'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA) est entré en vigueur le 1er janvier 1994. Cette entente entre le Canada, le Mexique et les États-Unis a pour but de faciliter le mouvement transfrontalier des biens et des services entre les territoires des signataires.

Les dispositions agricoles de l'Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis, en vigueur depuis 1989, ont été incorporées à l'ALENA. En vertu de ces dispositions, tous les tarifs sur les échanges de produits agricoles entre les États-Unis et le Canada (sauf quelques produits visés par des contingents tarifaires) devaient être éliminés au plus tard le 1er janvier 1998.

Le Mexique et le Canada ont conclu un accord bilatéral distinct de libre-échange concernant l'accès des produits agricoles aux marchés. Dans le cadre de cet accord, la plupart des tarifs ont été éliminés soit immédiatement, soit sur une période de 5 à 15 ans. On a conservé les tarifs sur les échanges de produits laitiers, de volaille, d'œufs et de sucre.

OMC : L'Organisation mondiale du commerce (OMC) comprend l'Accord relatif aux obstacles techniques au commerce qui engage les signataires à collaborer afin d'harmoniser les mesures de normalisation (OMC, 1998). Un autre accord de l'OMC porte sur les mesures sanitaires et phytosanitaires, notamment sur les normes utilisées pour protéger la vie et la santé des gens, des animaux et des plantes. L'Accord sur l'OMC établit des règles pour le commerce international des produits agricoles et exige des réductions considérables aux subventions faussant les échanges. Au titre de l'Accord sur l'agriculture de l'OMC, les membres doivent réduire les tarifs sur les produits agricoles de 36 % sur six ans, avec une réduction minimale de 15 % par ligne tarifaire. Les tarifs ont déjà été réduits de 20 %. Cependant, l'interprétation et l'application des règles de l'OMC sont de plus en plus remises en question. L'accord est censé fournir de meilleures règles commerciales pour l'agriculture et de garantir l'accès des produits agricoles canadiens. L'Organisation de coopération et de développement économiques a prédit que cet accord injectera 8 milliards de dollars dans l'économie canadienne d'ici 2002.

L'OMC a pour but d'éliminer les entraves au commerce international. Cependant, les normes sanitaires et phytosanitaires de protection de la santé sont en train de devenir une barrière au commerce. Elles pourraient servir à protéger les marchés intérieurs, notamment par l'établissement de normes et l'imposition de conditions relatives à la salubrité des aliments.

La réduction des entraves au commerce international pourrait permettre l'exportation de denrées et de produits pour lesquels les producteurs agricoles et agroalimentaires du Canada disposent d'un avantage économique comparé. Cela encouragera les producteurs à examiner une plus grande variété d'options d'utilisation des terres et pourrait mener à de nouvelles pratiques culturales et stratégies de gestion des terres.

Questions liées à l'environnement

Au niveau de l'environnement, les questions portent notamment sur la perception du public relative aux répercussions de l'agriculture sur les terres et sur l'environnement en général, ainsi que les attentes du public en ce qui concerne un approvisionnement abondant d'eau, d'air et d'aliments sûrs (AAC, 1997). Les questions portent aussi sur les effets de la variabilité naturelle de l'environnement et sur la façon dont les agriculteurs doivent contrebalancer la variabilité naturelle. Les questions et les éléments moteurs figurent au tableau 5.2, de même qu'un bref examen de quelques-unes des conditions et des changements possibles à la gestion des terres qui pourraient s'appliquer.

Perception du public

La façon dont le public perçoit le rôle de l'agriculture dans l'environnement influe sur les changements à la gestion des terres. En général, on estime que les agriculteurs de l'Ouest canadien gèrent bien les terres et que le Canada est un chef de file à l'échelle mondiale pour ce qui est de la production de produits alimentaires nutritifs et salubres (Groupe consultatif, 1994). Toutefois, cette confiance n'est pas fondée sur la connaissance approfondie par le public du secteur agricole au sein duquel moins de 3 % des Nord-Américains œuvrent directement.

Des études récentes indiquent que les consommateurs et les producteurs ont des préoccupations communes en ce qui concerne l'impact de l'agriculture sur l'environnement (Groupe consultatif, 1997). Toutefois, les deux groupes s'expriment souvent différemment. Les producteurs s'inquiètent de l'élimination ou de la gestion adéquate des déchets, de l'épuisement des sols et de l'érosion. D'autre part, les consommateurs discutent souvent de la pollution de l'eau, de la disparition de l'habitat faunique et de la pénurie d'eau.

Les intérêts des consommateurs et des producteurs peuvent diverger en ce qui concerne la salubrité des aliments et l'utilisation de produits chimiques, d'additifs ou d'OGM. De nombreux consommateurs souhaiteraient voir une diminution ou l'élimination des produits agrochimiques. Toutefois, les producteurs doivent lutter contre de nombreux végétaux et animaux nuisibles et, en général, les méthodes de contrôle qu'ils utilisent comprennent l'utilisation de produits chimiques. Ces opinions divergentes et le vocabulaire distinct utilisé par chaque groupe mettent en évidence la nécessité d'améliorer les communications entre les producteurs et les consommateurs (Finn et Vincent, 1997).

Le public influence de plus en plus l'agriculture et l'élaboration des politiques et il souhaite être consulté et informé davantage sur les répercussions de l'agriculture (Prairie Research Associate, 1998). Une meilleure connaissance mutuelle de leurs points de vue et motifs contribuerait à minimiser les confrontations entre les deux groupes. Si la communication ne s'améliore pas, un public mal informé pourrait conclure que l'agriculture constitue une menace pour l'environnement, que les produits alimentaires sont insalubres, et exiger un plus grand contrôle réglementaire.

En général, on estime que le secteur agricole est responsable de la gestion judicieuse des sols et des ressources hydriques et qu'il est tenu de rendre des comptes au public à cet égard (Wayland, 1990). Pour cette raison, l'aménagement du territoire agricole est un élément-clé dans la perception du public; la société veut des garanties selon lesquelles les ressources en sols et en eaux léguées aux générations futures seront productifs et sains. Même si la plupart des agriculteurs estiment qu'ils gèrent leurs terres de manière viable pour les générations futures, il se peut que certaines pratiques courantes appauvrissent le sol à long terme (AAC, 1995b).

De plus en plus, on s'attend à ce que le secteur agricole maintienne les sols et les ressources hydriques le plus proche possible de leur état naturel et originel. Aussi estime-t-on que la pratique agricole est mauvaise pour le sol et qu'elle cause l'érosion et la dégradation des sols. Bon nombre de personnes croient que les produits chimiques ne sont pas nécessaires et qu'ils polluent le sol.

Les pressions augmenteront pour que les terres agricoles soient gérées en fonction de leur état naturel en vue de :

- conserver la prairie et rétablir un plus grand nombre de pâturages
- réduire les travaux du sol (y compris diminuer la jachère) et accroître la couverture de résidus de culture dans les

champs dans le cadre d'une approche de gestion globale.

- réduire le recours aux produits chimiques et aux engrais.

Dans l'ensemble, les attentes peuvent favoriser un déplacement vers une philosophie agricole viable à faible apport d'intrants. Par cela, on entend le recours restreint, axé sur les besoins, à des pratiques culturales, à des solutions nutritives, au fumier, aux pesticides et à d'autres intrants.

Le public s'attend à ce que les pratiques agricoles aient un effet négatif minimal sur l'écosystème. Il souhaite qu'on l'assure que les pratiques actuelles sont viables et n'endommagent pas l'environnement. Ce besoin d'être rassuré est compliqué par le fait que les rapports de viabilité actuels dans le secteur agricole ne sont pas toujours évidents.

Les pressions exercées en vue de conserver l'habitat faunique augmenteront, tout comme les mesures en vue de soutenir, et dans certains cas, de rétablir la biodiversité. Cela signifie que l'on s'appuiera davantage sur les lignes directrices relatives à l'utilisation du milieu aquatique comme normes environnementales de qualité de l'eau, en raison de la nature délicate de la vie aquatique et de la méfiance du public à l'égard des niveaux seuils plus élevés relatifs à l'eau potable (Harker *et al.*, 1998).

Idéalement, le secteur agricole doit montrer qu'il conserve, rétablit et même rehausse les écosystèmes naturels, tout en réduisant le recours à grande échelle à des pratiques de monoculture (Wilhite et Smith, 1995). Cela suggère que les producteurs devront :

- réduire les pertes de nutriments, de pesticides et de conditions sur les terres agricoles afin de respecter les normes aquatiques
- appliquer des restrictions volontaires pour répondre à des objectifs environnementaux acceptables pour la collectivité et pour diminuer les possibilités de mise en œuvre extérieure de politiques et de règlements parfois arbitraires.

Abondance d'eau, d'air et d'aliments de qualité

Le public se préoccupe d'abord et avant tout d'avoir une abondance d'eau, d'air et d'aliments de qualité. Les approvisionnements en eau doivent être suffisants pour satisfaire aux besoins intérieurs, industriels et récréatifs. L'eau et l'air doivent être propres et ne pas avoir une couleur, une odeur ou un goût désagréable. Toutefois, on a souvent l'impression que les pratiques agricoles ont des effets négatifs sur les approvisionnements en eau, sur l'air et sur les aliments (AAC, 1995a).

Le public s'attend à ce que la production alimentaire soit efficace, socialement responsable et suffisante pour nourrir un monde affamé. En même temps, les producteurs doivent être rentables et se protéger contre le risque de faibles rendements et de pertes de cultures. Certaines préoccupations du public représentent des débouchés. Les consommateurs qui s'intéressent aux droits des animaux pourraient souhaiter acheter des produits provenant d'animaux élevés en libre parcours. Cela permettra à des producteurs de combler des marchés à créneaux.

Les pratiques de gestion des terres visant à tenir compte des préoccupations en matière d'approvisionnement pourraient comprendre une approche morale qui permettrait :

- de réduire les intrants tout en rehaussant la conservation de l'eau
- d'utiliser des pratiques agricoles plus saines, notamment des pratiques de gestion optimales qui mettent l'accent sur l'application et la perte réduite de produits agrochimiques
- de se pencher sur les nouveaux enjeux comme la bioéthique, les droits des animaux, l'utilisation d'hormones de croissance et les OGM.

D'autre part, l'incitation à maximiser les approvisionnements alimentaires pourraient encourager les agriculteurs à cultiver de plus grandes superficies et à adopter des mesures de production plus intensives. L'application fractionnée d'engrais, ainsi que l'application excessive d'engrais, de pesticides et d'autres intrants pourraient servir à garantir des niveaux de production élevés.

Les gens ont souvent l'impression que les pratiques agricoles influent sur la salubrité des aliments. De nombreux consommateurs croient que les aliments biologiques sont naturels et donc meilleurs pour la santé, que l'aliment parfait ne doit comporter aucune tache ou dommage causé par les insectes et que les aliments doivent être disponibles à un faible coût.

Il existe aussi des préoccupations relatives à la biotechnologie et à l'utilisation sans risque des produits agrochimiques. On s'attend à ce que l'eau, l'air et les aliments ne contiennent pas de pesticides, de bactéries, de nutriments en surabondance, de métaux lourds, d'hormones de croissance et de poussière. Les ventes d'aliments biologiques pourraient croître si des problèmes supplémentaires sont liés aux produits agrochimiques. Ces aliments devraient conserver leur créneau peu importe ces préoccupations. Un nombre croissant de producteurs changeront leurs méthodes de production pour tenir compte des attentes de la collectivité à l'égard de la salubrité des aliments. D'autres adapteront leurs pratiques agricoles pour tenter de réduire l'apport en produits chimiques tout en maximisant les bénéfices globaux.

Variabilité naturelle

La variabilité naturelle de l'écosystème représente une question évidente liée aux possibilités de changement de la gestion des terres. Cette question comprend des éléments moteurs comme les conditions météorologiques particulièrement mauvaises, les changements climatiques et l'incidence des ravageurs et des maladies.

Le secteur agricole doit être prêt à faire face à des conditions météorologiques particulièrement mauvaises. La sécheresse peut être isolée ou très étendue. Des inondations surviennent périodiquement dans les endroits qui y sont prédisposés. Les dommages dus à la gelée augmentent sans cesse, car pour diversifier on frise les limites des saisons de croissance des cultures spéciales. Si on ne contrebalance pas ces conditions exceptionnelles, on pourrait mettre en danger l'agriculture viable et les ressources en sols et en eaux.

Les agriculteurs peuvent adapter leurs pratiques agricoles pour se protéger contre ces conditions météorologiques exceptionnelles. Ainsi, un agriculteur peut modifier sa stratégie d'assolement et de culture pour tirer parti d'un marché à court terme pour des cultures de remplacement qui s'est ouvert en raison des mauvaises conditions météorologiques. Certains producteurs adopteront des pratiques de conservation des sols. D'autres maintiendront un régime de culture/jachère parce qu'il leur permet de se protéger prudemment contre les possibilités de sécheresse et de pertes de cultures.

Les producteurs s'éloignent de plus en plus de l'approche *semer et prier* pour adopter une méthode de planification des travaux des champs à long terme, notamment :

- l'assolement facultatif selon les conditions d'humidité du sous-sol au printemps plutôt qu'en fonction de décisions prises à l'avance

- des efforts accrus pour maintenir une couverture végétale adéquate pour prévenir l'érosion éolienne et hydrique
- le choix de stratégies d'assolement qui permettent d'éviter les extrêmes en ce qui a trait aux dates du semis et de la récolte
- l'utilisation de machinerie plus grosse pour réduire la période de semis et de récolte.

La luttre contre les menaces particulières et générales que posent les ravageurs et les maladies peut influer énormément sur la capacité d'assolement. Le risque de récolte déficitaire augmente dans le cas de certaines cultures vulnérables à des ravageurs particuliers, comme la fusariose du blé. Certains agriculteurs modifient la gestion globale de leurs terres pour réduire la possibilité que celles-ci deviennent une source de ravageurs et de maladies. Ils peuvent adopter des stratégies de travaux accrus du sol et de rotation des cultures pour régler ces problèmes tout en réduisant le coût total lié à l'utilisation de produits agrochimiques.

Les agriculteurs peuvent adopter volontairement des mesures de quarantaine et de rotation des cultures pour combattre la propagation des maladies et des mauvaises herbes. Dans d'autres cas, les plantes envahissantes non indigènes et les espèces animales peuvent justifier une approche chimique. On appuiera la recherche et le développement concernant les cultures résistantes aux ravageurs et, dans une certaine mesure, celles misant sur les OGM.

Questions d'intérêt communautaire

Des questions d'intérêt communautaire peuvent influer sur la gestion au niveau des exploitations, y compris le changement démographique, les utilisations concurrentes des terres, les infrastructures rurales, les besoins en matière de transport et les possibilités d'emploi à l'extérieur de la ferme (Tableau 5.3).

Changement démographique
Les éléments moteurs du changement démographique comprennent la baisse du nombre d'agriculteurs, le vieillissement des agriculteurs, un réservoir de main d'oeuvre de plus en plus éduqué et la baisse du nombre de petites collectivités.

Les données de recensement indiquent une baisse continue de la population agricole dans les Prairies. À mesure que la taille des exploitations augmente, le nombre d'agriculteurs diminue. De plus, le nombre d'agriculteurs âgés augmente dans les Prairies, tandis que le nombre de jeunes agriculteurs baisse (MacArthur, 1998). Cette hausse est en partie attribuable au vieillissement général de la population.

Entre 1991 et 1996, le nombre d'agriculteurs âgés de moins de 35 ans a diminué de 22 % dans les Prairies, tandis que le nombre d'agriculteurs de plus de 35 ans a continué de croître. Entre-temps, le nombre d'agriculteurs âgés de plus de 54 ans a augmenté de 6 % en Alberta, mais a baissé de 6,7 % en Saskatchewan et de 8,6 % au Manitoba.

La taille des exploitations agricoles est semblable pour tous les groupes d'âge (Statistique Canada, 1997). Toutefois, les agriculteurs âgés ont peu ou pas d'intérêt à agrandir leurs exploitations, condition qui pourrait être requise pour pratiquer l'agriculture à l'avenir. En fait, plusieurs raisons pourraient inciter les agriculteurs âgés à éviter une telle expansion.

Le bassin de travailleurs de plus en plus éduqués, qui est nécessaire compte tenu des machines agricoles de pointe, exigera des salaires plus élevés et de meilleures conditions de travail. Il faudra adapter les pratiques agricoles à ces coûts de main-d'œuvre accrus en prenant les mesures suivantes :

- adopter des technologies de pointe (p. ex. l'agriculture de précision), surtout lorsque l'utilisation de telles technologies deviendra plus rentable
- accroître l'intensité de l'agriculture pour aider à rentabiliser la technologie
- cibler les intrants pour contrôler les coûts.

En raison des facteurs socio-économiques, la survie des petites collectivités des Prairies continuera d'être difficile. Les collectivités les plus vulnérables sont celles n'ayant aucune industrie locale et peut-être celles touchées par l'abandon des voies ferrées. Pour survivre, les petites collectivités devront trouver un créneau dans une industrie locale ou dans le secteur touristique. D'autres *collectivités clés* stables ou en croissance (Stabler, 1992) se renforceront à l'avenir. C'est notamment le cas de la région de Winkler-Morden au Manitoba, où la population rurale continue de croître (Statistique Canada, 1997) en réaction à la vision locale et à des facteurs culturels qui encouragent les jeunes à demeurer dans la collectivité.

Si la fusion des points de collecte se poursuit comme prévu (Stabler, 1992), les distances entre certaines exploitations agricoles et les centres de services ruraux augmenteront, entraînant une hausse des coûts de transport et d'expédition. Il pourrait être nécessaire d'utiliser des véhicules plus gros pour réaliser des

économies, ce qui nécessitera une hausse des investissements liés à l'équipement et aux infrastructures routières. De même, les producteurs pourraient se tourner vers l'élevage et les cultures spéciales à meilleur rapport économique et délaisser les intrants coûteux pour neutraliser l'augmentation des coûts de transport des marchandises aux centres de services.

Utilisations concurrentes des terres

Question d'intérêt communautaire, les utilisations concurrentes des terres sont mues par des facteurs comme l'expansion résidentielle rurale et les règlements de zonage locaux. La population rurale continuera de croître dans les régions où la population agricole fait place petit à petit à des résidents non agricoles. Cela est surtout le cas dans les régions périurbaines et est en grande partie attribuable à l'expansion domiciliaire rurale et à la croissance d'industries à valeur ajoutée en milieu rural, de même que des activités récréatives et touristiques.

Le prix des terrains continuera de monter dans les régions touchées par l'expansion domiciliaire rurale et les utilisations concurrentes des terres. Cela pourrait entraîner un plus grand morcellement des terres dans les régions touchées, résultant en une augmentation :

- du prix des terres agricoles, ce qui pourrait entraver le transfert intergénérationnel des exploitations agricoles dans les régions périurbaines
- de la participation des consommateurs à la production agricole, notamment en ce qui a trait à la récolte et aux activités de transformation (p. ex. cueillette des fraises)
- des différends, lorsque les résidents non agricoles exigent que les opérations d'élevage s'installent plus loin des secteurs résidentiels et des régions périurbaines
- du fractionnement de l'habitat faunique lors du morcellement des terres.

Infrastructures rurales

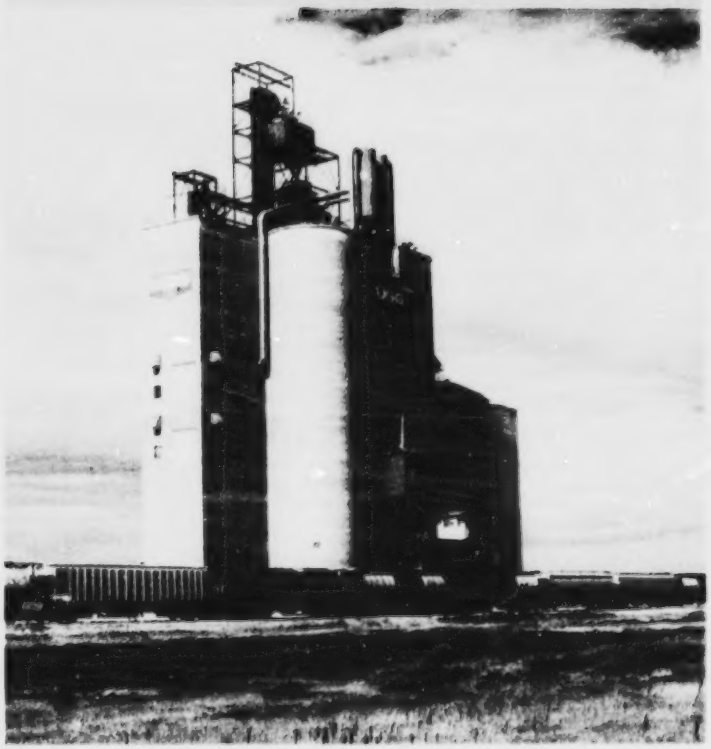
Pour appuyer l'évolution du secteur agricole, il faudra moderniser les infrastructures existantes et en aménager d'autres. Au cours de la prochaine décennie, des infrastructures additionnelles devront être en place afin de veiller à ce que le secteur agricole ne soit pas entravé par un manque d'eau, de routes et d'autres services. Dans les régions rurales, l'insuffisance

du financement demeure un obstacle clé à l'aménagement et à l'entretien des infrastructures nécessaires.

Les éléments moteurs liés aux infrastructures rurales comprennent le besoin d'améliorer les moyens de communication et d'apporter des changements à l'industrie à valeur ajoutée. La diversification agricole devra compter sur des moyens de communication de pointe pour aider les producteurs à prendre des décisions opportunes, à appliquer des pratiques de gestion optimales et à partager leurs expériences. Cela comprend avoir accès à de l'information en temps opportun, comme les bulletins météorologiques et les prévisions relatives aux ravageurs.

En tant que la plus grande industrie manufacturière de l'Ouest canadien, le secteur de la transformation alimentaire continuera probablement de croître dans la mesure où le permettront les infrastructures connexes (Canada West Foundation, 1997). En bout de ligne, on verra une réduction des expéditions de matériaux bruts non transformés et un déplacement vers les cibles de transformation à valeur ajoutée du CCCPA. Des travaux d'expansion et de réfection des infrastructures existantes sont nécessaires dans trois secteurs clés : capacités de production, installations de transformation et capacités après-transformation (y compris le traitement des déchets).

Les infrastructures d'adduction d'eau, de traitement des eaux résiduaires, de répartition du gaz naturel et de transport constituent les obstacles clés à la transformation à valeur ajoutée (Kettler, 1998). Historiquement, le



gouvernement fédéral a versé des sommes considérables pour l'aménagement d'infrastructures et, au niveau local, on s'attend à ce qu'il continue dans la même veine. Les décisions relatives à l'endroit où seront exécutés les travaux d'aménagement détermineront :

- quelles terres seront consacrées à la culture et à l'élevage (p. ex. compte tenu de l'approvisionnement en eau d'irrigation, des bassins de main-d'œuvre, de l'alimentation en haute tension, des gazoducs, etc.)
- quels sous-produits provenant des installations locales de transformation pourront être étendus dans les champs comme engrais et amendements.

Transport et possibilités d'emploi à l'extérieur de la ferme

Les changements aux infrastructures et politiques de transport et les possibilités d'emploi à l'extérieur de la ferme continueront d'influer sur les stratégies de gestion des terres. Avec l'élimination de la subvention

pour les tarifs marchandises, les coûts des producteurs pour transporter les cultures aux marchés d'exportation ont augmenté. Les distances sont plus longues, car la fusion des points d'expédition a donné lieu à la création d'un réseau de silos terminaux intérieurs. Cette réalité, de même que l'abandon des voies ferrées, ont entraîné une augmentation de la circulation routière et de l'entretien des routes. Toutefois, il est possible que les répercussions futures sur les infrastructures de transport soient moins graves, en raison d'une hausse prévue de l'utilisation des pneus à basse pression (Stabler, 1999). Les administrations municipales sont visées, car elles sont responsables de l'entretien de nombreuses routes rurales. Elles pourraient donc augmenter les impôts fonciers pour compenser les coûts d'entretien plus élevés. Les agriculteurs ont tendance à contrebalancer une hausse des impôts et des coûts de transport en :

- diversifiant leurs activités, notamment par l'élevage et la production de cultures spéciales qui offrent des rendements supérieurs
- utilisant le grain localement plutôt qu'en l'expédiant à perte
- achetant des camions plus gros ou en louant des semi-remorques pour expédier le grain ou d'autres produits agricoles.

Pour la plupart des agriculteurs, les possibilités d'emploi à l'extérieur de la ferme constituent des considérations critiques. Selon Statistique Canada (1997), les agriculteurs tirent environ 29 % de leur revenu total de leurs activités agricoles et 50 %, d'un emploi à l'extérieur de la ferme. Le reste provient d'intérêts, de dividendes, de transferts, de crédits d'impôt pour enfants, etc. Dans ces conditions, la survie à long terme dépend énormément de l'accès à un revenu d'appoint. Mais, les possibilités d'emploi à l'extérieur de la ferme, qui avaient déjà diminué avant l'élimination des subventions de transports, ont baissé encore plus depuis. (Olfert et Stabler, 1999). Cela est particulièrement important dans les collectivités rurales d'environ 1 000 résidants où les agriculteurs locaux peuvent représenter jusqu'à 50 % de la main-d'œuvre.

La stabilité d'un revenu d'appoint permet à de nombreux agriculteurs de structurer leurs activités agricoles en fonction de cette source de revenu et de se spécialiser dans la production à faible intensité de céréales ou dans la production maraîchère pour répondre aux besoins locaux. Plus un agriculteur s'appuie sur un emploi à l'extérieur de la ferme, moins il est probable que son exploitation soit diversifiée (à la fois cultures et élevage). Cependant, les possibilités de vente et de travail dans les petites villes continuent de diminuer et, à l'avenir, les rajustements compensatoires pour les exploitations agricoles devraient être considérablement élevés (Olfert et Stabler, 1999).

Questions au niveau de l'exploitation agricole

Bon nombre de questions et d'éléments moteurs extérieurs influencent la gestion de l'exploitation agricole. Il existe plusieurs questions sur lesquelles l'agriculteur n'a aucun contrôle ou qui sont particulièrement pertinentes au niveau de l'exploitation agricole. Ainsi, le prix des engrais chimiques est déterminé par des facteurs extérieurs. Par contre, c'est l'agriculteur qui décide de la quantité d'engrais à utiliser, de la méthode d'application et de la fréquence d'épandage.

Les questions au niveau de l'exploitation agricole peuvent être réparties de la façon suivante : capacité de prendre des risques, considérations liées à la gestion des intrants et des extrants, régime foncier et adaptation aux nouvelles technologies (Tableau 5.4).

Capacité de prendre des risques
Il est peu probable qu'un agriculteur prenne des décisions sur la gestion de ses terres en se fondant uniquement sur des théories scientifiques ou économiques. Ses valeurs et traditions, l'influence de ses pairs et les bénéfices nets servent tous à déterminer la façon dont chaque parcelle de terrain est gérée.

Dans de nombreux cas, les agriculteurs conservent une pratique particulière uniquement parce qu'ils la connaissent bien et qu'ils savent qu'elle produira des recettes à faible risque. Souvent, la réussite d'un voisin encourage un agriculteur à adopter une nouvelle technique pour sa propre exploitation. Les agriculteurs disent fréquemment : « Mon père a fonctionné de cette façon pendant des années, pourquoi devrais-je changer? » ou « Je ne peux me permettre de prendre des risques avec cette culture. ». Ces points de vue révèlent deux domaines clés qui pourraient entraver les changements à la gestion des terres. Une expérience limitée de

Les valeurs et traditions d'un agriculteur, l'influence de ses pairs et les pressions sociales servent tous à déterminer la façon dont chaque parcelle de terrain est gérée.

Photo : Dave Reede

la variabilité culture-sol-temps et le peu de capitaux disponibles encourageront probablement le statu quo.

La capacité d'acquérir de l'expérience est restreinte par la période relativement courte pendant laquelle un agriculteur exploite la terre. Les agriculteurs contrôlent une parcelle de terrain pendant seulement de 30 à 40 ans. Pendant cette période, certaines combinaisons particulières de conditions culture-sol-temps ne se répéteront vraisemblablement qu'à quelques reprises. Ainsi, la possibilité de tirer parti de l'expérience acquise au cours de circonstances particulières ne se présentera peut-être pas à nouveau avant plusieurs années, ce qui incite peu un agriculteur à adopter de nouvelles pratiques comme outil de gestion standard. Par conséquent, de nombreux agriculteurs s'appuient uniquement sur la sagesse des générations passées lorsqu'ils prennent des décisions de gestion.

De plus, pour acquérir une solide expérience de l'efficacité de nouvelles pratiques de gestion (p. ex. une décision particulière concernant le semis), il faut prendre le temps d'accumuler des preuves convaincantes. Une décision prise au printemps d'une année donnée peut n'avoir de répercussions que près de 14 mois plus tard, lorsque la culture est finalement vendue. Pendant cette période, un agriculteur doit prendre d'autres décisions de gestion sans connaître le résultat des choix de l'année précédente. Ainsi, un exploitant peut ne pas être en mesure d'étudier convenablement les mérites d'un changement à l'utilisation des terres avant au moins deux ans.

Des facteurs agronomiques courants ont une incidence considérable sur les décisions relatives à l'utilisation des terres. Il peut s'agir de facteurs à court terme comme le type de culture, son emplacement et son moyen d'ensemencement, le type de travaux du sol et l'herbicide à utiliser. Souvent, de telles décisions sont restreintes par la séquence au sein de la rotation culturale, les herbicides utilisés dans le passé et les conditions actuelles d'humidité du sol. Ces décisions peuvent être éclipsées par des préoccupations relatives au prix des intrants et à la possibilité immédiate de réaliser des bénéfices en vendant la culture. Compte tenu de leur expérience limitée de la variabilité, et du prix actuel des intrants et des produits agricoles, de nombreux agriculteurs sont peu enclins à apporter des changements considérables à leurs pratiques de gestion.

La disponibilité des capitaux influe directement sur la gestion

des terres. Elle déterminera le système de production utilisé et, en général, le type de machinerie et d'infrastructures que possédera l'agriculteur.

Souvent, un manque de capitaux force l'agriculteur à utiliser les ressources dont il dispose, comme de l'équipement plus vieux et des techniques culturales moins efficaces qui pourraient entraîner des rendements et des revenus inférieurs. Des capitaux facilement utilisables permettraient à un agriculteur d'acquérir des machines plus grosses et ainsi de gérer de plus grandes superficies. Ils pourraient encourager l'utilisation de nouvelles techniques de production, notamment le semis direct, le travail de conservation du sol et l'agriculture de précision. D'autre part, le risque financier diminue lorsque l'on utilise moins de capitaux, car les disponibilités ne permettent pas toujours de rembourser de lourdes dettes.

Dans certains cas, les pratiques culturales existantes sont tolérées uniquement parce que le manque de capitaux ne permet pas d'apporter des changements. Pour étendre la rotation culturale ou pour diversifier la production agricole, il faut disposer de capitaux pour acquérir les terres, la machinerie et les autres intrants nécessaires.

Gestion des intrants et des extrants

La gestion efficace des intrants sur la ferme constitue une priorité évidente et permanente. Ce qui est moins clair, c'est la nécessité de bien gérer les extrants non productifs comme l'écoulement et l'érosion ou les pesticides et les nutriments qui peuvent se retrouver dans les eaux d'écoulement et de lessivage. Par le passé, la gestion des extrants non productifs était souvent accessoire à d'autres décisions de gestion. Ainsi, on adoptait le semis direct parce qu'il s'agissait d'une technique d'ensemencement plus profitable; le fait que cette technique permet de conserver le sol représentait une considération secondaire.

Il est essentiel d'équilibrer les intrants afin de réaliser des bénéfices lors de la production d'extrants. Cependant, les intrants ne sont pas tous gérables. Les conditions météorologiques qui fournissent l'humidité et la chaleur en sont un parfait exemple. Néanmoins, la façon dont les intrants sont gérés peut avoir une incidence considérable sur les terres. Le coût des intrants et les recettes prévues doivent être équilibrés, tout en tenant compte du risque d'un intrant particulier qui peut s'avérer inefficace. Les éléments moteurs connexes comprennent la gestion des produits agrochimiques, le fumier, les pratiques de travail du sol, les choix d'assolement et la consommation d'eau et d'énergie.

Il existe d'énormes préoccupations relatives au risque éventuel pour la santé que pose l'utilisation prolongée des pesticides et aux effets immédiats des embruns de pulvérisation sur les cultures et les brise-vent adjacents. Les agriculteurs s'inquiètent de plus en plus de la tolérance accrue aux herbicides de certaines espèces de mauvaises herbes qui, agencée à d'autres techniques de gestion, peut apporter des changements importants dans les populations de mauvaises herbes. Le coût constitue une préoccupation majeure.

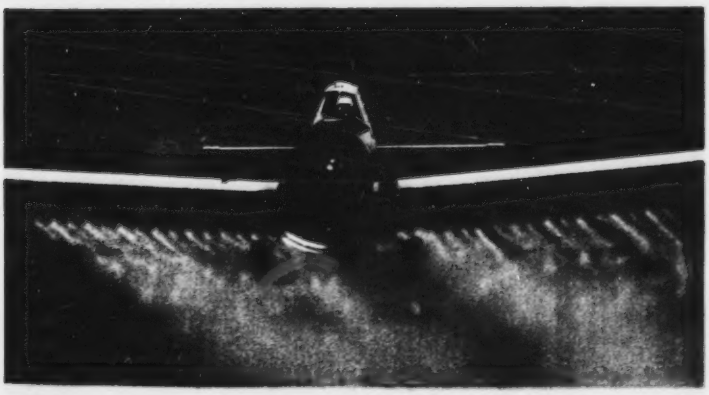


Photo : Dave Reede

La gestion efficace des intrants sur la ferme constitue une priorité. La gestion des extrants non productifs comme l'écoulement et l'érosion ou les pesticides et les nutriments qui peuvent se retrouver dans les eaux d'écoulement et de lessivage peut avoir une incidence considérable sur les terres et sur la rentabilité d'une exploitation agricole.

Les producteurs doivent tenter de réduire les intrants chimiques et les coûts de la lutte contre les mauvaises herbes, en se renseignant davantage sur des seuils raisonnables de lutte contre les mauvaises herbes. On mettra davantage l'accent sur les besoins en santé et en sécurité de l'exploitation agricole, ce qui entraînera un accroissement des règlements sur la pulvérisation et un resserrement de la gamme de produits chimiques pour des usages spécifiques. L'augmentation des cultures spéciales donnera lieu à des mesures spécialisées de lutte contre les ravageurs.

On mettra davantage l'accent sur :

- la lutte intégrée contre les ravageurs pour réduire l'utilisation et le coût globaux des produits chimiques
- la tenue de registres sur l'environnement, y compris des vérifications de l'utilisation des pesticides
- l'application améliorée au moyen d'embouts à faible volume, de coiffes et de mèches pour contrôler les embruns et les coûts
- la rotation des herbicides pour contrer la résistance aux herbicides
- la sélectivité des pesticides pour les cultures transgéniques (herbicide sélectif)
- les contrôles biologiques en vue de réduire l'utilisation globale des pesticides
- la réduction des herbicides préventifs par le travail de conservation du sol et la diversification des cultures
- le contrôle des mauvaises herbes/ravageurs dans les zones non cultivées (fossés, terrains riverains).

Les engrais représentent une grande portion des dépenses de nombreuses exploitations agricoles, 72 % des producteurs utilisant des engrais commerciaux. Toutefois, bon nombre d'agriculteurs doutent de la valeur des résultats des analyses des sols, même si d'autres évaluent régulièrement la fertilité du sol au moyen d'analyses de sols et d'autres consultations (AAC, 1995b). Le coût brut des engrais chimiques influence la fréquence d'application. Pour chaque culture, terrain, climat et combinaison d'agriculteurs, l'application du produit pour obtenir un rendement maximal comporte un coût particulier. De telles décisions pourraient avoir une incidence semblable sur la gestion des terres, sur le changement de la rotation culturale ou sur la réduction des chaumes/des résidus.

Par le passée, le contrôle de la fertilité des sols a souvent mis l'accent sur l'apport de suffisamment de nutriments en une seule application pour répondre aux besoins des cultures pour toute la saison. Une telle méthode peut entraîner une surabondance de nutriments dans les champs, ce qui peut endommager les cultures et occasionner des pertes par le lessivage. Pour réduire le risque financier, on s'intéressera davantage à l'application fractionnée des nutriments (p. ex. l'application d'azote supplémentaire au printemps pour le blé d'hiver, lorsqu'on a vérifié la teneur en eau). Il pourrait y avoir un mouvement vers l'application de précision d'engrais, pour des raisons à la fois économiques et écologiques, même si les avantages pour la production agricole découlant de cette pratique sont incertains. C'est particulièrement le cas lorsque le rendement est limité par la teneur en eau plutôt que par l'apport d'engrais. Cependant, la hausse des coûts du carburant et de la main-d'œuvre agricole pourrait restreindre la viabilité de cette option pour la majorité des cultures (p. ex. le blé).

L'utilisation efficiente d'engrais chimiques mettra l'accent notamment sur :

- l'application fractionnée lorsque le producteur peut justifier l'augmentation des coûts
- les progrès dans le domaine de l'agriculture de précision qui donneront lieu à des rendements plus élevés sans augmentation des coûts des engrais (les entreprises d'épandage et les grosses exploitations agricoles pourraient être les premiers à adopter cette pratique)
- l'accumulation de matières organiques et la fertilité connexe (p. ex. par la culture accrue de légumineuses)
- une certaine hausse de l'utilisation d'engrais, en particulier pour les cultures spéciales
- la gestion des oligo-éléments et l'équilibrage des nutriments pour les cultures spéciales produites sur des sols très variables.

Auparavant, en tant qu'élément moteur des questions sur les intrants/entrants, la gestion du fumier tournait principalement autour de la teneur en azote, l'élimination en masse du fumier et le contrôle des odeurs constituant des questions secondaires. L'augmentation du nombre, de la taille et de la concentration des installations d'élevage intensif ont mis en lumière plusieurs problèmes de gestion. Il s'agit notamment de l'écoulement, de la saturation et du lessivage liés au phosphore et à l'azote et le besoin de plus en plus pressant de contrôler les odeurs près des installations d'élevage intensif.

Toutefois, les entreprises d'épandage ne sont pas en mesure d'épandre le fumier en fonction des analyses des sols et de la teneur en nutriments. En effet, les machines utilisées couramment ne disposent d'aucun mécanisme permettant de contrôler efficacement le taux d'écoulement (Haag, 1999).

De plus en plus, la manipulation adéquate du fumier en tenant compte des nutriments, de l'environnement et de la gestion des déchets dictera sur quelles terres on peut épandre du fumier, de même que la quantité qui peut être utilisée. Cela est attribuable en grande partie aux préoccupations croissantes relatives à la contamination des sols et à la qualité de l'eau. Les tendances futures de la gestion du fumier mettront l'accent sur :

- le rôle accru des cultures fourragères vivaces comme pièges pour la gestion des nutriments
- l'épandage sur commande comme option de choix pour l'évacuation du fumier
- le compostage en vue de réduire la quantité de fumier à évacuer
- l'utilisation de nouvelles technologies rentables (p. ex. des marais artificiels) pour la gestion des nutriments
- une plus grande utilisation des engrais organiques (fumier), en raison de leur plus grande disponibilité près des installations d'élevage intensif en expansion.

L'intérêt pour l'irrigation croît à mesure que les agriculteurs se tournent vers les cultures spéciales, en particulier en Alberta

Les entreprises d'épandage ne sont pas en mesure d'épandre le fumier en fonction des analyses des sols et de la teneur en nutriments. En effet, les machines utilisées couramment ne disposent d'aucun mécanisme permettant de contrôler efficacement le taux d'écoulement (Haag, 1999).

et au Manitoba. La demande d'approvisionnement en eau local est amplifiée davantage par les besoins accrues des installations de transformation locales de cultures à plus fort rapport économique, comme les pommes de terres. Les coûts énergétiques continuent de grimper, et ce, malgré la chute du prix des produits agricoles.

La valeur marchande des approvisionnements d'eau toujours décroissants continuera de grimper. La production de certaines cultures spéciales exigera de plus grands volumes d'eau, soulignant la nécessité de maximiser l'utilisation efficace de l'humidité, notamment en :

- améliorant les techniques de rétention d'eau comme la gestion de la chaume, les brise-vent et les paraneiges
- utilisant de grandes quantités de chaumes et autres techniques pour assurer la recharge des eaux souterraines lors de la fonte des neiges
- produisant des cultures comme la luzerne qui ont des racines profondes et de meilleures capacités d'extraction des nutriments
- améliorant l'efficacité de l'irrigation lorsque les prix de l'eau et de l'énergie font grimper les coûts d'application

Les agriculteurs chercheront des systèmes qui consomment moins d'énergie afin de réduire leurs coûts de production. Parmi les solutions de rechange, soulignons l'agriculture biologique à faible intensité d'énergie, de même que l'utilisation accrue de machines écoénergétiques et de produits innovateurs comme les séchoirs à céréales solaires et les pompes solaires.

Régime foncier

Le régime foncier change dans les Prairies (Statistique Canada, 1997). On observe un changement des rapports entre les exploitations en propre et le fermage, du type de contrats de location, de la structure organisationnelle (c.-à-d. propriétaire unique par rapport à société en nom collectif) et des droits fonciers issus des traités.

Depuis les années 60, il y a une augmentation régulière du pourcentage de fermage dans les Prairies (voir le tableau 4.2). Selon le recensement de l'agriculture, en 1966, environ 27 % des terres agricoles dans les Prairies étaient louées, tandis qu'en 1996, ce pourcentage s'élevait à 39 %.

Le type de contrat de location a aussi changé au fil des ans (tableau 5.1). Il y a 40 ans (1956), la location au comptant, par opposition au métayage, représentait 15 % des coûts de location des exploitants agricoles des Prairies. En 1996, 54 % des coûts de location étaient attribuables à la location au comptant.

Au cours des 25 dernières années, il y a aussi eu une diminution du pourcentage de terres gérées par un propriétaire unique (tableau 5.2). En 1971, près de 92 % des exploitations agricoles dans les Prairies étaient gérées par des propriétaires uniques, tandis que 6 % l'étaient par des sociétés en nom collectif. Le reste était géré selon d'autres régimes (entreprises familiales, entreprises non familiales et autres catégories).

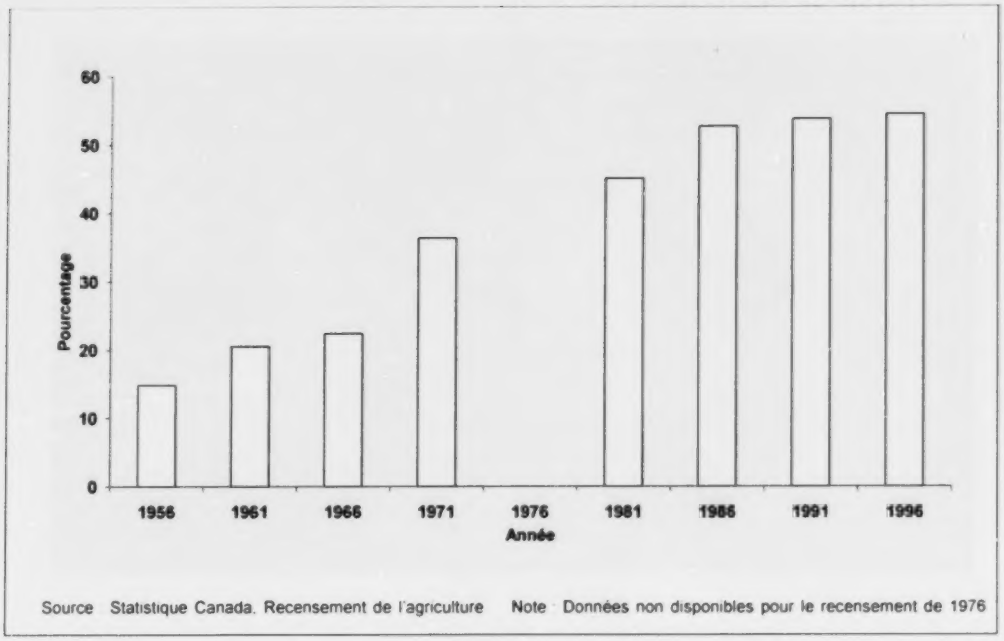
Le recensement de 1996 indique que seulement 65 % des exploitations agricoles des Prairies sont gérées par des propriétaires uniques, alors que les sociétés en nom collectif ont augmenté de 25 % et les entreprises familiales de 7,5 %. La gestion en groupe permet d'accroître l'actif et de partager le risque. Les entreprises non familiales et les autres catégories de gestion représentent moins de 2 % des terres affermées. Il n'existe aucune donnée sur les superficies totales contrôlées par chacune des catégories de gestion.

Il se peut que l'augmentation des terres louées n'ait aucune incidence sur l'administration des terres. Toutefois, si un locataire a un bail à court terme qu'il n'a aucune intention de renouveler, il n'a aucun intérêt à bien gérer la terre.

Un nombre croissant de propriétaires de terres louées au comptant vivent loin de leurs terres. Par comparaison, les propriétaires ayant des contrats de métayage s'intéressent probablement plus aux décisions de gestion des terres.

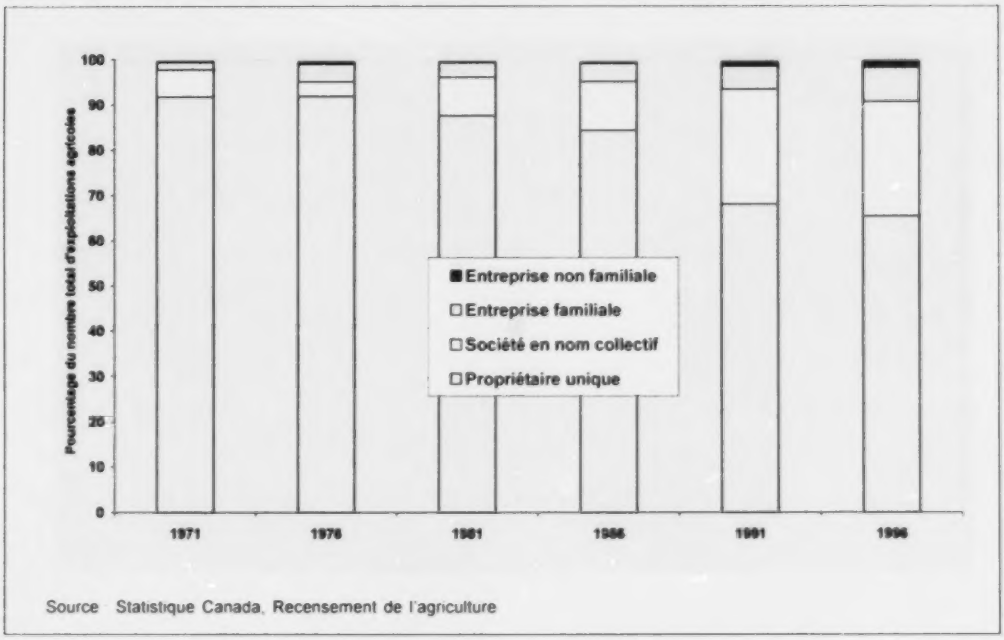
Les tendances actuelles en ce qui a trait au fermage semblent de plus en plus destinées à nuire aux pratiques de gestion optimales des terres car :

- un exploitant de terres affermées pourrait choisir de réduire les intrants (p. ex. les engrais), en raison d'une baisse des prix et du resserrement des marges, en commençant par les terres louées
- les propriétaires forains et la tendance à louer au comptant pourraient nuire à la bonne gestion des terres lorsque le risque agricole repose essentiellement sur l'exploitant
- les propriétaires traditionalistes pourraient exiger que les locataires conservent une portion des terres en jachère profonde.



Source : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture Note : Données non disponibles pour le recensement de 1976

Figure 5.1 Pourcentage des loyers au comptant du total des coûts de location des exploitations agricoles des Prairies (1956-1996).



Source : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture

Figure 5.2 Gestion des exploitations agricoles dans les Prairies (1971-1996).

Progrès techniques

Les répercussions des progrès techniques débordent considérablement sur bon nombre de questions et d'incidences mentionnées précédemment. Par exemple, la mécanisation représente le plus grand changement technique des 60 dernières années en agriculture. Les changements en biotechnologie, la science des herbicides, les progrès en gestion des nutriments des cultures et l'introduction de l'agriculture de précision permettront d'accroître la production de façon continue.

En combinant des variétés de culture améliorées à des machines supérieures, on a pu cultiver des terres qui auparavant étaient considérées marginales pour la production agricole. Lorsque de telles terres sont cultivées ou modifiées pour rehausser les stratégies de production, il peut survenir une diminution de la quantité ou de la qualité de la végétation naturelle et des habitats fauniques disponibles. Cela peut entraîner une réduction de la biodiversité, une baisse de la qualité de l'eau et une augmentation de l'érosion du sol.

La bio-ingénierie est un secteur prometteur par rapport à l'accroissement de la production agricole (p. ex. meilleure tolérance au gel). Toutefois, les préoccupations relatives à l'utilisation de cultures transgéniques reflètent l'incertitude généralisée envers la mise au point et le rôle de cette technologie en évolution. L'indisposition face à l'utilisation d'organismes transgéniques est liée au transfert de gènes dans des hôtes artificiels, de même qu'aux répercussions possibles sur les stratégies futures de lutte contre les mauvaises herbes et les ravageurs et à la salubrité des aliments pour les consommateurs.

Les questions relatives à la pertinence de la biotechnologie peuvent avoir une incidence considérable sur le développement des marchés pour une culture et influencer la mise en application de la technologie. Actuellement, les agriculteurs canadiens produisent quelques cultures transgéniques comme le canola et on a accordé quelques contrats pour le développement de produits pharmaceutiques à partir de cultures transgéniques. Il existe un énorme potentiel sur les marchés mondiaux pour des produits transgéniques dans les régions où il y a des problèmes d'approvisionnement alimentaire et où les importations sont essentielles à la survie de la population.

Des changements en biotechnologie pourraient donner les résultats suivants :

- diverses pratiques (rotations, utilisation de pesticides, application de nutriments) pourraient être régies par contrat

- une réduction des options en matière de pesticides en raison des exigences des cultures transgéniques
- une augmentation des pressions exercées par le public ou des groupes d'intérêts spéciaux qui s'opposent aux produits transgéniques
- la nécessité d'apposer des étiquettes permettant de distinguer les produits transgéniques, selon l'exploitation agricole ou le champ.

Les technologies récentes ouvrent la voie à l'application de précision des semences, des nutriments et des pesticides. Certaines visent à assurer l'application optimale des intrants, tout en rehaussant la rentabilité et en réduisant les incidences sur l'environnement. De nombreuses questions agronomiques sur l'agriculture de précision demeurent sans réponse. Ainsi, à quel endroit l'application de précision d'engrais sur un terrain offrira-t-elle le plus de dividendes? La réponse peut varier d'une année à l'autre, en fonction de facteurs comme les précipitations pendant la saison de croissance qui peuvent limiter davantage la production que l'application de précision des intrants.

L'agriculture de précision n'en est qu'à ses débuts et n'a pas encore d'application pratique générale. Actuellement, l'application de l'agriculture de précision aux petites exploitations céréalières est douteuse en raison de l'importante mise de fonds et des compétences nécessaires pour comprendre et utiliser l'équipement. Néanmoins, lorsque les techniques seront mises au point, l'agriculture de précision pourrait faciliter l'application efficiente des produits agrochimiques, ce qui donnera lieu à des rendements plus uniformes et à une production globale plus élevée, à une meilleure gestion des terres et à de meilleures possibilités de rendement net, en particulier pour les cultures à production et à gestion intensives.

À mesure que la technologie deviendra plus conviviale et que la mise de fonds diminuera, l'application augmentera. Les clients initiaux seront probablement des producteurs de cultures à fort rapport économique qui permettent de réaliser des bénéfices nets. La promesse d'une augmentation de la production et d'une diminution des coûts encouragera les essais en grande surface. Ces essais permettront de mieux comprendre les effets de la variabilité des sols et du climat sur les rendements agricoles sur les plans de l'exploitation agricole, de la recherche et des politiques.

Conclusion

Les questions les plus susceptibles d'influer sur les changements à la gestion des terres dans les Prairies peuvent être réparties en quatre grands niveaux d'influence. Ce sont les considérations au niveau du public, de l'environnement, des collectivités et des exploitations agricoles. À l'intérieur de ces niveaux, des questions particulières seront touchées par un ensemble spécifique d'éléments moteurs dont l'impact global entraînera vraisemblablement un changement aux pratiques de gestion des terres.

Les questions **d'intérêt public** comprennent les politiques, les lois et les accords internationaux. On exercera des pressions sur les ressources en sols et en eaux pour atteindre les cibles d'exportation du CCCPA, tout en tentant de conserver la biodiversité naturelle et l'habitat faunique dans les exploitations agricoles. Les échanges internationaux augmenteront bien qu'ils seront gérés par des contrôles de plus en plus serrés.

En cherchant à maximiser leurs profits, certains agriculteurs convertiront des terres existantes et de nouvelles terres à la production intensive, tandis que d'autres réduiront les intrants tout en élargissant leurs superficies.

Quelques-uns pourraient réduire les intrants afin d'aborder directement les préoccupations en matière d'environnement. La diversification des marchés des produits agricoles entraînera invariablement le recours à des techniques de production radicalement différentes sur certaines terres.

Les questions liées à l'**environnement** comprennent la perception du public, la qualité de l'eau, de l'air et des aliments et la capacité de s'adapter à la variabilité naturelle de l'environnement. Le secteur doit sans cesse préciser ses actions et être plus responsable envers le public tout en assurant la subsistance des terres vulnérables et en réduisant les incidences négatives sur l'environnement. Le public s'attend à un approvisionnement abondant d'eau, d'air et d'aliments de qualité qui est produit et protégé d'une manière socialement responsable. Les producteurs doivent contrebalancer ces attentes à la nécessité économique de pratiquer leurs activités en tenant compte continuellement du risque de pertes de cultures importantes. Certains agriculteurs adopteront des méthodes culturales de conservation du sol, tandis que d'autres choisiront de répartir le risque en maintenant ou en augmentant le recours à des pratiques de culture-jachère.

Le secteur agricole doit devenir de plus en plus proactif pour éviter l'adoption de règlements restrictifs, voire non justifiés. La réduction des travaux du sol et des intrants chimiques sur certaines terres coïncidera aux efforts accrus en vue de maintenir et d'améliorer l'habitat faunique. En même temps, les forces concurrentes du marché en vue de nourrir un monde affamé pourraient mener à la production encore plus intensive sur certaines terres. Des agriculteurs vont incorporer une vision à long terme à leur planification agricole, qui comprendra un accroissement de la culture sans travail du sol, le recours à des culture-abri et au paillage pour stabiliser le sol et le recyclage des nutriments. Enfin, d'autres agriculteurs pourraient hésiter à adopter un plan qui est fondé sur des pratiques fixes à long terme.

Les questions **d'intérêt communautaire** sont celles liées au changement démographique, aux utilisations concurrentes des terres, aux infrastructures rurales, à l'évolution du transport et aux possibilités d'emploi à l'extérieur de la ferme. Les agriculteurs âgés des Prairies ont peu d'intérêt à accroître leurs superficies. Un bassin de travailleurs ruraux de plus en plus éduqués exigera de meilleurs salaires. Les collectivités rurales continueront de diminuer en taille et en nombre. Le prix des terrains augmentera dans les zones périurbaines et les différends ville-milieu rural exigeront des efforts accrus de la part de l'administration publique pour régler les problèmes. Le succès de la diversification agricole reposera sur la disponibilité en temps opportun de l'information nécessaire pour la gestion des terrains et sur les possibilités de commercialisation. L'abandon des voies ferrées entraînera la détérioration des routes existantes, du moins à court terme, et les municipalités rurales devront hausser les impôts pour faire face à la situation. L'emploi à l'extérieur de la ferme continuera de représenter la principale source de revenus de nombreux agriculteurs.

Les agriculteurs âgés hésiteront à investir pour changer de façon importante leurs pratiques de gestion des terres. Ils pourraient contrebalancer leurs décisions en réduisant les intrants. Les pratiques culturales spécialisées permettront de compenser la montée du prix des terres. Les exploitants d'installations d'élevage intensif auront besoin de plus grandes superficies pour faciliter la gestion du fumier et adapter les techniques d'application pour tenir compte des préoccupations en matière d'odeur et d'écoulement. Les agriculteurs pourraient contrebalancer la hausse des impôts et des coûts de transport en produisant des cultures à plus fort rapport économique, en alimentant le bétail avec du grain produit localement, en appuyant d'autres initiatives à valeur ajoutée et en louant ou en achetant de plus gros camions. L'accès au marché du travail local régira dans quelle mesure les exploitations agricoles se spécialiseront.

Les questions au niveau de **l'exploitation agricole** portent sur la capacité de prendre des risques, la gestion des intrants et des extrants, le régime foncier et les progrès techniques. L'incapacité de prendre des risques tend à favoriser le statu quo plutôt qu'à encourager des changements importants à la gestion des terres. D'autre part, les producteurs pouvant prendre des risques tenteront de réduire le coût des intrants en se renseignant sur les seuils de lutte contre les mauvaises herbes et de mettre l'accent davantage sur les facteurs liés à la santé, à la sécurité et à l'environnement. Les agriculteurs essayeront d'équilibrer les coûts-avantages de l'azote provenant d'engrais chimiques par rapport aux pratiques de culture-jachère et à une mise en jachère pendant un an. Inévitablement, la concentration d'installations d'élevage

intensif mettra en lumière les questions de contrôle de l'écoulement et des odeurs.

La location des terres agricoles enregistre une hausse, tandis que le nombre d'exploitations détenues par des propriétaires uniques continue de baisser. Les propriétaires fonciers sont de moins en moins associés à leurs terres. Lorsque les terres issues de traités seront louées, ce sera probablement dans le cadre de contrats à court terme. Les contrats de location au comptant à court terme auront tendance à décourager la gestion des terres selon une approche de protection. Les locataires pourraient refuser d'utiliser des intrants et laisser le sol se dégrader dans une plus large mesure que s'ils étaient propriétaires des terres.

De nombreux agriculteurs continueront de compter sur la sagesse collective des générations passées, et la plupart auront tendance à adopter une approche globale conservatrice face au changement. Le manque de disponibilités, le prix élevé des intrants et le faible prix des produits agricoles signifieront que certains agriculteurs ne voudront pas courir le risque d'apporter des changements considérables (ou seront incapables de le faire). Lorsqu'il y aura des changements, ils porteront sur la gestion améliorée des pesticides, l'application fractionnée des nutriments et la gestion adéquate du fumier pour réduire les coûts, accroître l'efficacité et aborder les préoccupations en matière d'environnement. On continuera d'enregistrer des gains en ce qui a trait à la conservation et à l'utilisation de l'eau et à la consommation de l'énergie.

Photo : Dave Reede

La biotechnologie pourrait permettre aux multinationales d'accroître leur influence ou leur contrôle sur les intrants à la ferme, ce qui nuira à la prise de décisions de gestion par les exploitants agricoles.

Les agriculteurs pourraient être lents à adopter cette technologie en raison des préoccupations du public envers les produits transgéniques et de la nécessité de commercialiser ces cultures séparément. L'agriculture de précision deviendra plus populaire à mesure que les coûts associés diminueront et que les rapports agronomiques seront connus. À court terme, l'agriculture de précision sera limitée aux exploitations à grande échelle et aux entreprises d'épandage.

Tableau 5.1 **Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres (Influence des éléments moteurs sur les marchés, les facteurs sociaux et les coûts et sur les changements prévus à la gestion des terres).**

QUESTIONS D'INTÉRÊT PUBLIC	**Éléments moteurs** { **Conditions du marché** (CM) / **Facteurs sociaux/affectifs** (S/A) / **Coûts de production** (CP) } → **Changement à la gestion des terres** → **Rendement net acceptable** (p. ex., CM = prime pour produits biologiques, prix payé; S/A = pressions sociales, concepts altruistes; CP = intrants, pertes de revenus)	
***Questions** et éléments moteurs* (Pression de changement)	***Conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs, coûts de production*** *(Raisons pour lesquelles des changements sont probables)*	***CHANGEMENT ÉVENTUEL À LA GESTION DES TERRES*** (Pratiques prévues et incidences probables)
Politiques et lois		
• Cibles d'exportation	• CM - demande prévue pour plus de produits bruts	• Pressions en vue de consacrer de nouvelles terres à la production, conversion de pâturages et de terres humides, intensité de production accrue, utilisation accrue de pesticides et d'engrais chimiques, plus grande quantité de fumier à épandre
• Offices de commercialisation	• CM - signaux du marché masqués CP - changements aux coûts à mesure que sont éliminés les tarifs protecteurs dans le cadre de l'ALENA	• Des marchés restreints peuvent encourager la production inefficace de produits agricoles en raison de méthodes de production inchangées
• Viabilité et biodiversité	• S/A - pressions exercées par le public afin de changer les pratiques de production CP - retrait obligatoire des terres du cycle de production	• De petites superficies pourraient être retirées du cycle de production au moyen d'une mesure législative. Amélioration ou maintien de l'habitat faunique, contrebalancer en augmentant l'intensité sur d'autres terres, ce qui entraîne une utilisation accrue des pesticides et des engrais
Accords internationaux		
• Protocole de Kyoto	• CM - tarifs pour les pays qui ne respectent pas les normes du Protocole de Kyoto S/A - volonté d'être plus écologique CP - augmentations, car les coûts de séquestration du carbone et des nouvelles technologies sont passés aux producteurs, la vente de crédits de carbone pourrait contrebalancer ces coûts	• Les coûts élevés de séquestration du carbone pourraient réduire à court terme l'intensité de production, y compris l'utilisation des produits. Ajout de terres au cycle de production à mesure que diminuent les marges sur les superficies actuelles (faibles rendements). Les progrès techniques permettront d'accroître la production
• ALENA, OMC	• CM - nouveaux marchés, pressions sur les marchés internes des États-Unis CP - diminution de certains coûts	• On n'est pas certain de l'incidence sur l'intensité de production. Elle pourrait augmenter en réaction à la réduction des marges ou on pourrait convertir davantage de pâturages, de prairies et de terres humides à la production pour compenser

Note Le tableau ci-dessus fournit des exemples **d'éléments moteurs** qui pourraient influencer un des trois principaux facteurs de décision : **conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs et coûts de production**, qui pourraient à leur tour entraîner des changements à la gestion des terres pour assurer un **rendement net acceptable** (non indiqué dans le tableau). Certains estiment que les **facteurs sociaux/affectifs** constituent un sous-ensemble des **coûts de production**. Toutefois, cette catégorie tente d'identifier les motifs sociaux et altruistes du **changement à la gestion des terres**. La colonne **Changement éventuel à la gestion des terres** décrit brièvement divers changements prévus.

Tableau 5.2 **Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres (influence des éléments moteurs sur les marchés, les facteurs sociaux et les couts et sur les changements prévus à la gestion des terres).**

QUESTIONS LIÉES À L'ENVIRONNEMENT	**Éléments moteurs** { **Conditions du marché** (CM) / **Facteurs sociaux/affectifs** (S/A) / **Couts de production** (CP) } → **Changement à la gestion des terres** → **Rendement net acceptable** (p.ex. ; CM = prime pour produits biologiques, prix payé, S/A = pressions sociales, concepts altruistes, CP = intrants, pertes de revenus)	
***Questions** et éléments moteurs* (Pression de changement)	***Conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs, coûts de production*** *(Raisons pour lesquelles des changements sont probables)*	***CHANGEMENT ÉVENTUEL À LA GESTION DES TERRES*** (Pratiques prévues et incidences probables)
Perception du public		
• Administration des terres	• S/A - souhaite être perçu comme prenant bien soin des terres CP - augmentation des coûts si une taxe est imposée pour le contrôle de l'érosion	• augmenter le nombre d'hectares de fourrages, réduire le travail du sol et la jachère, diminuer les intrants chimiques. Risque d'érosion moindre. Production inférieure
• Incidence sur les écosystèmes	• CM - marché en évolution pour les produits écologiques S/A - croyance dans l'utilité des habitats/de la diversité CP - accès à des incitatifs environnementaux, éviter les taxes vertes	• Réduire l'utilisation et les pertes de produits agrochimiques, conserver, rétablir/améliorer les écosystèmes naturels, utilisation équilibrée des nutriments, respect volontaire plutôt que par réglementation
Consommation humaine d'eau/d'air/d'aliments		
• Approvisionnement	• CM - prix/demande pour des cultures particulières S/A - conviction dans la nécessité de nourrir une population mondiale affamée CP - protection contre le risque de rendements inférieurs ou de pertes de récoltes	• Adapter les pratiques de gestion pour tenir compte des cultures en demande, maximiser les aires de production, tendance à appliquer de manière excessive des engrais et des pesticides pour maximiser la production
• Qualité	• CM - besoins perçus pour des aliments et de l'eau de qualité S/A - atteinte des attentes de la société en ce qui a trait à la qualité des aliments, de l'eau et de l'air CP - coûts inférieurs des intrants chimiques, lutte intégrée contre les ravageurs (LIR)/coûts des clôtures	• Réduire l'utilisation et les pertes de produits chimiques, adopter des stratégies de LIR, restreindre l'accès du bétail aux sources d'eau, contrôler le fumier, respecter la réglementation. Meilleur équilibre chimique. Gestion supplémentaire
Variabilité naturelle		
• Conditions météorologiques extrêmes	• CM - marché pour les cultures de substitution S/A - peur d'être perçu comme un mauvais gestionnaire CP - protection contre la possibilité de pertes de cultures	• Rotations prolongées, assolement souple, diminution de la jachère et du drainage, plus de pailis. Conditions du sol plus stables. Moins de souplesse dans le choix des cultures
• Changements climatiques	• CM - marché éventuel pour les crédits de carbone S/A - perception que l'agriculture contribue au réchauffement de la planète CP - réduction des coûts du travail du sol	• Réduire le travail du sol et emmagasiner le carbone lorsqu'il est pratique de le faire

Note : Le tableau ci-dessus fournit des exemples **d'éléments moteurs** qui pourraient influencer un des trois principaux facteurs de décision : **conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs et couts de production**, qui pourraient à leur tour entraîner des changements à la gestion des terres pour assurer un **rendement net acceptable** (non indiqué dans le tableau). Certains estiment que les **facteurs sociaux/affectifs** constituent un sous-ensemble des **couts de production**. Toutefois, cette catégorie tente d'identifier les motifs sociaux et altruistes du **changement à la gestion des terres**. La colonne **Changement éventuel à la gestion des terres** décrit brièvement divers changements prévus.

Tableau 5.3 Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres (influence des éléments moteurs sur les marchés, les facteurs sociaux et les coûts et sur les changements prévus à la gestion des terres).

QUESTIONS D'INTÉRÊT COMMUNAUTAIRE

Éléments moteurs { **Conditions du marché** (CM) / **Facteurs sociaux/affectifs** (S/A) / **Coûts de production** (CP) } → **Changement à la gestion des terres** → **Rendement net acceptable**

(p. ex., CM = prime pour produits biologiques, prix payé; S/A = pressions sociales, concepts altruistes; CP = intrants, pertes de revenus)

***Questions** et éléments moteurs* (Pression de changement)	***Conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs, coûts de production*** *(Raisons pour lesquelles des changements sont probables)*	*CHANGEMENT ÉVENTUEL À LA GESTION DES TERRES* (Pratiques prévues et incidences probables)
Changement démographique		
• Agriculteurs plus âgés et moins nombreux	• CM - les agriculteurs plus âgés cherchent peu de nouveaux débouchés CP - fermes plus grandes, machines plus grosses, marges inférieures	• Utilisation accrue de grosses machines, travail du sol réduit, moins bonne connaissance du terrain, effets cumulatifs à long terme en raison du déboisement des fermes et des terres marginales
• Moins de petites collectivités	• CM - marchés moins nombreux, marchés à créneaux nécessaires S/A - isolement, perte du mode de vie CP - parcours plus long, coûts d'expédition plus élevés	• Déplacement vers des produits et une industrie plus spécialisés. Réduction possible de l'utilisation des intrants, à mesure qu'augmentent les coûts globaux selon les distances à desservir et les coûts de transport
Utilisation concurrente des terres		
• Expansion domiciliaire rurale	• CM - possibilités de marchés à créneaux à développer CP - augmentation des coûts de production pour les cultures-créneaux, pressions exercées sur les prix des lotissements et des terrains	• Assolement plus spécialisé pour accroître les rendements nets, mise en oeuvre de mesures de contrôle des odeurs, réagir aux pressions liées aux activités de loisirs et aux habitats. Installations d'élevage plus nombreuses
Infrastructures rurales		
• Voies de communication	• CM - meilleur accès à des renseignements sur le temps, les marchés, les maladies et les ravageurs CP - des renseignements opportuns réduisent les coûts de la lutte contre les ravageurs	• Plus grande souplesse dans l'assolement, meilleur ciblage dans le cadre de la gestion des cultures (p. ex. intrants chimiques spécifiques)
• Industrie à valeur ajoutée	• CM - meilleurs débouchés pour les produits à valeur ajoutée CP - coûts de transport inférieurs jusqu'aux marchés de transformation	• Expansion des industries d'élevage du porc et des bovins, intensification des questions liées à l'utilisation des terres et au contrôle du fumier et des déchets
• Évolution du transport	• CM - plus grande distance jusqu'aux marchés CP - impôts routiers plus élevés, coûts d'expédition plus élevés	• Diversification accrue, notamment les cultures spéciales plus profitables et le grain consommé localement (p. ex. élevage de porcs et des bovins), pour éviter les coûts d'expédition des produits bruts

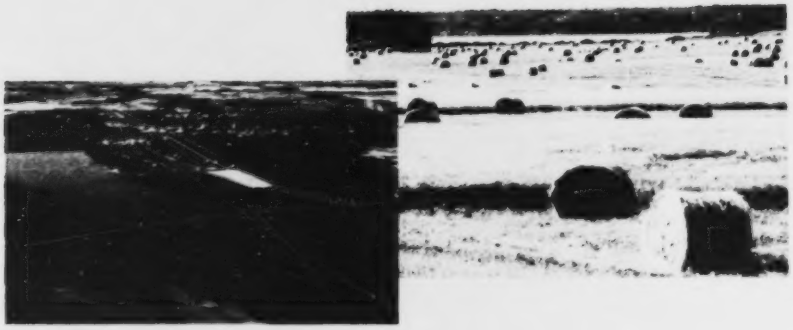
Note Le tableau ci-dessus fournit des exemples **d'éléments moteurs** qui pourraient influencer un des trois principaux facteurs de décision **conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs et coûts de production**, qui pourraient à leur tour entraîner des changements à la gestion des terres pour assurer un **rendement net acceptable** (non indiqué dans le tableau). Certains estiment que les **facteurs sociaux/affectifs** constituent un sous-ensemble des **coûts de production**. Toutefois, cette catégorie tente d'identifier les motifs sociaux et altruistes du **changement à la gestion des terres**. La colonne **Changement éventuel à la gestion des terres** décrit brièvement divers changements prévus.

Tableau 5.4 **Incidence potentielle des éléments moteurs (exemples choisis) sur les pratiques de gestion des terres (Influence des éléments moteurs sur les marchés, les facteurs sociaux et les coûts et sur les changements prévus à la gestion des terres).**

QUESTIONS AU NIVEAU DE L'EXPLOITATION AGRICOLE	**Éléments moteurs** { **Conditions du marché** (CM) / **Facteurs sociaux/affectifs** (S/A) / **Coûts de production** (CP) } → **Changement à la gestion des terres** → **Rendement net acceptable** (p. ex., CM = prime pour produits biologiques, prix payé, S/A = pressions sociales, concepts altruistes, CP = intrants, pertes de revenus)	
Questions *et éléments moteurs* (Pression de changement)	***Conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs, coûts de production*** *(Raisons pour lesquelles des changements sont probables)*	***CHANGEMENT ÉVENTUEL À LA GESTION DES TERRES*** (Pratiques prévues et incidences probables)
Capacité de prendre des risques		
• Capitaux disponibles	• CM - Installations d'élevage intensif à multiples propriétaires, fonds de sources extérieures S/A - pressions de se conformer, adopter de nouvelles façons de fonctionner CP - augmentation des taux d'intérêts, des dépenses liées à la technologie	• Décisions prises par les propriétaires de l'extérieur et non par les exploitants des installations d'élevage intensif. Machines plus grosses, fermes plus grandes, culture des terres marginales. Risque d'érosion, pressions exercées sur l'environnement.
Gestion des intrants/extrants		
• Pesticides Nutriments/fumier Eau et énergie	• CM - demande pour des marchés à créneaux, des produits spécialisés S/A - préoccupations relatives aux embruns de pulvérisation, aux risques pour la santé, à la pollution de l'eau, aux odeurs CP - préoccupations relatives à l'application excessive, aux coûts par rapport aux avantages, à la tolérance aux herbicides, aux coûts des combustibles fossiles et de l'azote	• Diversification des cultures, utilisation accrue de produits chimiques spécialisés, intensification accrue, courbe d'apprentissage pour les nouvelles cultures, déplacement vers l'agriculture biologique, l'application personnalisée, augmentation de la LIR, l'utilisation accrue de légumineuses dans les rotations, applications de précision, irrigation.
Régime foncier		
• Propriété en propre par opposition au fermage	• CM - les prix plus élevés des terres entraînent une hausse des terres louées S/A - besoin de bien gérer les terres CP - minimiser les investissements ou maximiser le rendement des investissements, en raison de l'augmentation des coûts de location.	• Tendance à adopter des pratiques d'utilisation des terres moins durables plutôt que des pratiques de gestion optimales, pratiques culturales offrant les meilleurs rendements au coût le plus bas. Baisse de la qualité des ressources en sols et en eaux.
Progrès techniques		
• Biotechnologie	• CM - demande pour une qualité et un approvisionnement constants CP - la technologie pourrait entraîner une réduction ou une augmentation des coûts de production mesures simplifiées de lutte contre les ravageurs	• Pratiques d'utilisation intensive des terres, pratiques agronomiques différentes. Plus grand risque d'épuisement des ressources. Le contrôle accru par les multinationales signifie une perte de contrôle pour les agriculteurs.
• Agriculture de précision	• CP - réduction des coûts liés à l'application excessive des produits chimiques	• Augmentation de la gestion de précision des variétés végétales. Rendement plus élevé et peut-être des profits plus élevés.

Note : Le tableau ci-dessus fournit des exemples **d'éléments moteurs** qui pourraient influencer un des trois principaux facteurs de décision : **conditions du marché, facteurs sociaux/affectifs et coûts de production**, qui pourraient à leur tour entraîner des changements à la gestion des terres pour assurer un **rendement net acceptable** (non indiqué dans le tableau). Certains estiment que les **facteurs sociaux/affectifs** constituent un sous-ensemble des **coûts de production**. Toutefois, cette catégorie tente d'identifier les motifs sociaux et altruistes du **changement à la gestion des terres**. La colonne **Changement éventuel à la gestion des terres** décrit brièvement divers changements prévus.

Chapitre 6 : Préparer la croissance



Les enjeux de la croissance agricole

L'industrie agricole des Prairies doit atteindre un équilibre entre les exigences de la croissance et de la viabilité économique et celles d'une gestion des sols qui vise à assurer une durabilité des ressources à long terme. Ce sont toutefois les considérations économiques qui détermineront la demande, et donc le niveau de production, de produits primaires et transformés. Le commerce mondial de denrées agricoles et alimentaires devrait augmenter de façon marquée au cours des 5 à 10 prochaines années, suivant la croissance démographique et la demande de produits agricoles alimentaires et non alimentaires. Le Conseil canadien de commercialisation des produits agroalimentaires a mis au défi les producteurs primaires, les transformateurs et les gouvernements d'accroître considérablement les exportations agricoles et agroalimentaires canadiennes jusqu'à ce qu'elles atteignent 4 % du marché mondial. La gestion des impacts socio-économiques et environnementaux liés à l'augmentation de la production agricole sera cruciale pour l'expansion à long terme de l'industrie agricole canadienne.

L'industrie agricole des Prairies canadiennes doit prendre de l'expansion pour nourrir une population mondiale croissante et conquérir une part plus importante du commerce agricole mondial. Une fraction importante des terres agricoles des Prairies n'aurait pas atteint son plein potentiel de production (Morrison et Kraft, 1994). L'augmentation de la production agricole entraînera une utilisation plus intensive des terres et une amélioration de la productivité de celles qui sont déjà en culture et en pâturage. Cependant, on risque de mettre en culture davantage de terres marginales pour la production agricole. Il sera essentiel d'améliorer le processus décisionnel des propriétaires terriens pour mieux faire correspondre l'utilisation des terres à leurs capacités et augmenter l'efficacité et la productivité afin d'assurer et de maintenir la durabilité de l'agriculture des Prairies.

Examen des impacts de l'agriculture sur ses ressources fondamentales

Le présent document a mis en évidence l'état actuel des ressources en sols des Prairies et a mis l'accent sur l'importance d'une bonne gestion des terres afin de réduire les risques de détérioration environnementale associés à certaines pratiques agricoles. Quatre catégories importantes de ressources ont été identifiées :

- Les sols cultivés
- Les parcours et les cultures fourragères
- La qualité de l'eau
- Les zones riveraines

Pour chaque catégorie de ressources, on a discuté de plusieurs risques et impacts négatifs possibles. Ces risques et impacts sont tous susceptibles d'augmenter dans des conditions d'expansion et de croissance de l'industrie agricole. Le présent rapport a aussi mis en évidence les nombreux avantages des méthodes de conservation du sol. Il est important de considérer à la fois les impacts positifs et négatifs lorsqu'on évalue le potentiel de croissance agricole.

Par exemple, quoique l'intensification puisse augmenter la production sur un territoire donné, elle crée aussi des défis relatifs à la gestion des terres. L'intensification de l'élevage du bétail sur des terres marginales et de la culture sur des terres non marginales peuvent augmenter les risques d'érosion et de dégradation de la qualité de l'eau et du sol, de même qu'avoir un impact négatif sur les habitats fauniques. Des pratiques comme le travail de conservation du sol, l'agriculture de précision, la lutte intégrée et les systèmes de gestion des parcours et des zones riveraines jouent un rôle important dans la réduction des impacts environnementaux résultant de l'intensification de la production agricole (Day, 1996). La poursuite de la promotion et de la mise en œuvre de pratiques de conservation sera essentielle pour garantir que les capacités d'exportation à long terme, dans le domaine des céréales aussi bien que du bétail, ne seront pas entravées par une mauvaise gestion des terres.

Les terres cultivées

L'incidence de l'érosion sur les rendements des cultures et la productivité du sol est considérable. L'érosion enlève au sol les fractions qui facilitent l'apport des éléments nutritifs et contribuent au maintien d'un milieu physique propice à la croissance des plantes. L'érosion diminue la productivité du sol, augmente la variabilité des rendements dans les champs et a des incidences environnementales à l'extérieur des exploitations agricoles (réduction de la qualité de l'air et de l'eau).

Le travail de conservation du sol minimise ces impacts et peut améliorer la productivité des sols. L'adoption universelle du travail réduit du sol et de systèmes d'ensemencement à faible perturbation n'éliminerait pas l'érosion du sol mais en réduirait le risque de façon significative. Le risque d'érosion du sol demeure lorsqu'il y a manque de résidus de récoltes, sécheresse, maladies, incendies ou récolte excessive de paille. Il faut mettre en oeuvre des pratiques permanentes de conservation des sols comme complément à la gestion des résidus de cultures. Des travaux supplémentaires restent à faire pour identifier les zones impropres à la production de cultures annuelles. Il faudrait encourager les producteurs de ces régions à adopter ou à poursuivre une utilisation appropriée de ces sols, pour la production de plantes fourragères vivaces et l'élevage de bovins, par exemple.

Les effets de l'intensification agricole sur la matière organique contenue dans les sols et sur leur salinité constituent également une préoccupation importante. Une mauvaise gestion peut réduire la qualité et la quantité de matière organique des sols, diminuant leur productivité. La matière organique est non seulement une composante essentielle de la microstructure des sols, mais constitue également un accumulateur précieux de carbone atmosphérique. Puisque les sols des Prairies ont la capacité d'emmagasiner de grandes quantités de CO_2 sous forme de MOS, ils pourraient jouer un rôle important dans la neutralisation des impacts des émissions de gaz à effet de serre par la séquestration du carbone.

La salinité peut nuire à la croissance et à la productivité de la plupart des cultures. Pour utiliser le plus efficacement possible les sols salins, il faut les gérer en fonction de leur teneur en sel. Les pratiques de conservation et la sélection de cultures appropriées doivent refléter l'historique, la salinité actuelle et le potentiel de production du sol.

Les parcours et les cultures fourragères

Des études récentes semblent indiquer qu'une partie importante des parcours des Prairies est dans un état moins que satisfaisant. Plusieurs facteurs contribuent à cette situation, dont les pressions économiques de la communauté agricole pour maximiser la production, la diffusion limitée de l'information sur la gestion des parcours naturels et la perception qu'il n'y a pas d'incitatif économique à maintenir les parcours naturels en bon état.

Cependant, une gestion appropriée peut améliorer l'état des parcours naturels et il y a de bonnes raisons économiques de le faire. La mise en œuvre de systèmes pastoraux planifiés de même que de techniques éprouvées de gestion des parcours pourraient améliorer considérablement l'état général des parcours naturels. Cette amélioration permettrait d'augmenter leur capacité de charge et serait susceptible de conduire à une hausse de leur valeur foncière. Cette évolution dans la gestion des parcours naturels réduirait le risque d'érosion, créerait des habitats pour la faune et renouvellerait le carbone des sols. L'amélioration de la gestion des parcours sera essentielle au soutien de l'expansion prévue dans le secteur des bovins de boucherie.

La qualité de l'eau

La qualité de l'eau est un facteur crucial de la santé de tous les êtres vivants, des poissons aux insectes aquatiques et des animaux sauvages aux humains. Cette

qualité varie énormément dans les ruisseaux, les lacs, les rivières et les eaux souterraines de l'ensemble des Prairies, à l'instar de la grande diversité du terrain et des façons d'utiliser les terres. Dans certaines zones, on a pu démontrer que l'activité agricole a eu des effets localisés importants sur la qualité de l'eau. Parmi les sources agricoles de contamination de l'eau figurent :

- l'érosion hydrique et le ruissellement des champs ayant reçu des épandages d'engrais, de pesticides et de fumier
- le ruissellement et les eaux usées des élevages de bétail
- le lessivage dans l'eau souterraine d'éléments nutritifs et de produits chimiques appliqués sur les terres.

En général, on s'est peu intéressé aux impacts écologiques et sanitaires de l'agriculture des Prairies sur la qualité de l'eau. Il est toutefois généralement admis que plus l'agriculture est intensive dans une zone donnée, plus la qualité des eaux souterraines et de surface est à risque (Entente Canada-Alberta pour un environnement durable en agriculture, 1998). Il s'agit d'un point important, compte tenu des objectifs d'expansion et d'intensification de la production agricole dans l'ensemble des Prairies.

La mise en œuvre de pratiques appropriées de gestion des terres jouera un rôle important dans la réduction des risques à la qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine. Ces pratiques comprennent notamment le travail de conservation du sol afin de réduire l'érosion et le ruissellement, le contrôle des taux d'application d'éléments nutritifs et le respect des normes environnementales dans la conception des opérations d'élevage.

Les zones riveraines

Les bandes de végétation luxuriante le long des rivières, des ruisseaux, des lacs et des marais constituent ce qu'on appelle les zones riveraines. Elles représentent un écopaysage important, formé par l'interaction de l'eau, du sol et de la végétation (Adams et Fitch, 1995). Les zones riveraines fournissent un habitat aux poissons et à la faune, dissipent l'énergie des cours d'eau, filtrent les sédiments et les éléments nutritifs, stabilisent les rives, emmagasinent l'eau, contribuent à recharger la nappe phréatique et fournissent une végétation utilisable pour le pâturage du bétail.

Une agriculture plus intensive qui n'adopte pas de pratiques appropriées de conservation du sol et de l'eau peut augmenter l'érosion du sol, ainsi que la sédimentation et la contamination des systèmes riverains par des polluants comme les engrais et les pesticides. Heureusement, une gestion adaptée, comme la création de bandes tampon pour régénérer la végétation, peut permettre de restaurer les zones riveraines. Les bandes tampon se sont avérées un moyen efficace de réguler le ruissellement agricole. Elles fournissent une protection localisée contre l'érosion et filtrent les éléments nutritifs, les sédiments et les autres polluants agricoles avant qu'ils n'atteignent l'eau.

Examen des tendances et des enjeux agricoles

Une planification efficace exige une bonne compréhension de l'état actuel des ressources en sols et des éléments déterminants d'un secteur agricole et agroalimentaire en constante évolution.

La tendance récente des gouvernements à éliminer les subventions augmente la diversification dans les Prairies. Bradshaw et Smit (1997) suggèrent que l'élimination des subventions peut nuire à long terme à la santé de l'environnement en augmentant les risques pour les individus, en réduisant la sécurité du revenu et en augmentant les pressions économiques pour maintenir des rendements économiques très faibles. Par contre, la suppression de subventions au transport des céréales pourrait favoriser l'évolution vers une utilisation plus durable des terres par la conversion de terres cultivées à la production de plantes fourragères vivaces.

La technologie a permis d'améliorer l'efficacité de la production et d'atteindre de nombreux objectifs de conservation dans la gestion des éléments nutritifs du sol, des fumiers et des pesticides. Par contre, l'intensification de l'agriculture a aussi été liée à une dégradation de l'environnement. L'augmentation de l'utilisation d'intrants comme les pesticides, les carburants, les engrais et l'eau d'irrigation peut, si elle est mal gérée, contribuer à la dégradation de l'environnement.

Une sensibilisation accrue du grand public aux enjeux environnementaux ainsi que des lois environnementales de plus en plus sévères constitueront un défi pour l'avenir de l'expansion agricole. On devra porter une attention soutenue aux problèmes de gestion des sols pour s'assurer que l'expansion se fera dans le respect de l'environnement.

Plusieurs écologistes supposent d'emblée que la durabilité est incompatible avec une agriculture intensive. Cependant, Avery (1999) suggère qu'essayer de répondre à la demande alimentaire mondiale par une agriculture à faibles intrants mènerait à la production d'une quantité plus faible de nourriture sur une superficie plus grande, réduisant ainsi la disponibilité des terres pour d'autres utilisations concurrentes possibles. Une industrie agricole en expansion devra faire concurrence aux populations urbaines et rurales, aux autres utilisations des sols et aux autres industries pour l'utilisation des ressources hydriques et des ressources en sols disponibles. L'accroissement de la production et la tendance constante vers les cultures spéciales augmenteront la demande d'eau destinée à l'irrigation, au bétail et à la transformation alimentaire. Une plus grande demande d'eau pourrait affecter sa qualité, augmenter ses coûts de distribution et réduire sa disponibilité. Par conséquent, l'eau pourrait devenir un facteur limitatif pour l'expansion des secteurs agricole et agroalimentaire des Prairies (Morrison et Kraft, 1999).

Le regroupement des entreprises agricoles, l'intensification de l'agriculture et la biotechnologie sont des sujets litigieux qui auront un impact sur l'expansion de l'industrie agricole. Bien que les biotechnologies et l'intensification des pratiques puissent augmenter la production et l'efficacité de l'agriculture, c'est leur acceptation populaire (à l'échelle locale, nationale et internationale) qui déterminera leur avenir ultime dans l'industrie agricole. Il faut développer et mettre en œuvre des politiques et des stratégies de communication efficaces de même que des mesures d'information du public afin d'obtenir la confiance, la compréhension et l'accord de la population.

Utiliser les sols selon leur capacité

Pour augmenter la production agricole dans les Prairies canadiennes de façon efficace et durable, il faut établir clairement la relation entre l'utilisation des terres et leur capacité. C'est ainsi qu'on pourra déterminer le potentiel des différents systèmes de gestion et des différents écopaysages à s'adapter aux changements économiques et environnementaux.

Les groupes de pratiques agricoles (GPA) sont fondés sur le regroupement de polygones PPC liés au Recensement de l'agriculture de 1996. L'analyse de régions ayant des pratiques agricoles et des utilisations des terres semblables a servi de point de départ à l'identification d'un ensemble d'écopaysages pouvant soutenir des pratiques agricoles données. Les GPA permettent également de comparer et d'analyser les usages futurs des différentes zones.

PROCHAINES ÉTAPES

Ce sont les marchés mondiaux qui orienteront la croissance agricole des Prairies. Cependant, une consultation de l'industrie agricole et agroalimentaire de l'Ouest canadien, a permis de mettre au point un scénario de croissance agricole qui s'appuie sur un consensus. Un modèle d'analyse de scénario (MAS2) a également été élaboré afin d'aider l'ARAP à déterminer les impacts potentiels et les conséquences de l'expansion agricole en fonction de l'état actuel des ressources des Prairies. Les données issues du modèle peuvent être reliées aux « groupes de pratiques agricoles ». Un système d'information géographique peut donc servir à établir des liens entre les cultures et les productions animales nécessaires pour respecter les projections de croissance et les changements possibles de vocation du territoire.

Un deuxième système de modélisation a aussi été développé pour létude des paysages agricoles des Prairies afin d'évaluer la durabilité des pratiques de gestion sur des terres en cultures annuelles en fonction de l'érosion du sol et de la MOS. Les données produites par ce système peuvent aussi être reliées de façon itérative au modèle MAS2 par l'emploi d'un SIG.

L'ARAP utilisera l'information sur les ressources contenues dans ce document technique et les données générées par les systèmes de modélisation pour aider le secteur agricole à réaliser son potentiel de croissance. On déterminera les conséquences de la croissance prédite sur les parcours et les cultures fourragères, les terres cultivées, la qualité de l'eau et les zones riveraines. L'analyse des possibilités contribuera au développement de stratégies visant à assurer une croissance agricole durable dans les Prairies. Les stratégies identifieront les zones sensibles ou prioritaires qui pourraient bénéficier le plus de nouveaux programmes, d'un aménagement du territoire et d'efforts de conservation des ressources. Ces stratégies serviront donc à favoriser le développement de politiques agricoles efficaces.

Un document distinct intitulé « *Prairie Agricultural Landscapes : Foundation for Growth* » (Paysages agricoles des Prairies : bases pour la croissance) se penchera sur les conséquences des projections de croissance sur la gestion des ressources. Ce rapport discutera de la modélisation par analyse de scénarios et de sa relation avec les groupes de pratiques agricoles développés par l'ARAP. Il identifiera les incidences du choix des objectifs de croissance sur la gestion des ressources. De façon encore plus importante, le document tracera les grandes lignes des interventions à mettre en oeuvre pour assurer la durabilité et l'intégrité des paysages agricoles des Prairies face à la croissance sans précédent de l'industrie.

Références

Chapitre 2 : Contexte

Acton, D.F.; Gregorich, L.J. 1995. La santé de nos sols : vers une agriculture durable au Canada. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, ON, Canada. 139 p.

Agriculture Canada. 1985. Les terres agricoles et les ressources hydrauliques au Canada : situation et perspectives. Approvisionnements et Services Canada, ON, Canada. 20 p.

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1997. Agriculture en harmonie avec la nature : stratégie pour un environnement agricole et agroalimentaire durable au Canada. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Ottawa, ON, Canada. 76 p.

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2000. Réduire les émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture canadienne. Table de concentration de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique, janvier 2000.

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche. 1998. La santé de l'air que nous respirons : vers une agriculture durable au Canada. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Ottawa, ON, Canada. 100 p.

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale des politiques, Direction de l'analyse économique et stratégique. 1998. Défis et répercussions associés à l'atteinte des objectifs du CCCPA pour les exportations de produits agroalimentaires d'ici l'an 2005. Direction générale des politiques d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, ON, Canada. 62 p.

Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 1999. Alberta irrigation districts crop and water information 1998. 19 pp.

Brewin, D. 1998. Personal Communication, Canadian Wheat Board, Winnipeg, MB, Canada

Bruce, J.P.; Frome, M.; Haites, E.; Janzen, H.; Lal, R.; Paustian, K. 1998. Carbon sequestration in soils. Proceedings of the Soil and Water Conservation Society's Carbon Sequestration in Soils Workshop, Calgary, AB, Canada. 31 pp.

Canadian Federation of Agriculture. 1982. Soil conservation policy - a backgrounder. 47 pp.

Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts. 1984. Nos sols dégradés : le Canada compromet son avenir. Ottawa, ON, Canada. 129 p.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1987. Notre avenir à tous. Éditions du Fleuve, Montréal. 454 p.

Conseil des sciences du Canada. 1986. La dégradation du sol au Canada : un mal en progression. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, ON, Canada. 24 p.

Environnement Canada, Région des Prairies. 1997. L'étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et du changement climatique : sommaire des provinces des prairies. Approvisionnements et Services Canada. Environnement Canada, Région des Prairies. 10 p.

Fairbairn, G. L. 1984. Will the bounty end? Western Producer Prairie Books, Saskatoon, SK, Canada. 160 pp.

Gaia Consulting and Werner Research. 1999. AIM irrigation strategy - prepared for the Association of Irrigators in Manitoba. 32 pp.

Institut international du développement durable. 1998. Le Canada à l'heure de Kyoto : l'évolution du climat et ses conséquences. Institut international du développement durable, Winnipeg, MB, Canada. 20 p.

Loi sur le rétablissement agricole des Prairies. L.R.C. 1985., c. P-17.

Manitoba Agriculture and Food. 1999. Hog situation and outlook, 1999-2000. Available from http://www.gov.mb.ca/agriculture/statistics/aac03s02.html; INTERNET. Cited 28 February 2000.

Prairie Farm Rehabilitation Administration. 1982. Land degradation and soil conservation issues on the Canadian Prairies: an overview. Prairie Farm Rehabilitation Administration, Regina, SK, Canada. 136 pp.

Saskatchewan Agriculture and Food and Agriculture and Agri-Food Canada - Prairie Farm Rehabilitation Administration. 1995. Saskatchewan adaptation strategy: report of the land use team. Regina, SK, Canada. 25 pp.

Sask Water Corporation. 1995. Lake Diefenbaker Development Area - resources and opportunities. 98 pp.

Shady, A.M. editor. 1989. Irrigation drainage and flood control in Canada. Ottawa. June 1989. 309 pp.

Statistique Canada. 1997. Recensement de l'agriculture de 1996.

Strankman, P. 1988. Canadian Cattlemen's Association, Calgary, AB, Canada. Personal Communication.

Tyrchniewicz, A.; Wilson, A. 1994. Sustainable development for the great plains: policy analysis. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, MB, Canada. 35 pp.

Vaisey, J.S.; Wiens, T.W.; Wettlaufer, R.J. 1996. The permanent cover program - is twice enough? *In* Napier, T.L.; Napier, S.M.; Tvrdon, J., ed., Soil and water conservation policies and programs: successes and failures. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 211-224.

Wettlaufer, R.J.; Brand, P.B. 1992. Adoption of soil conservation practices on the Canadian Prairies. Paper presented at the International Symposium on Adopting Conservation on the Farm, October 1992, Honolulu, HI, USA. 10 pp.International Institute for Sustainable Development. 1998. A guide to Kyoto: climate change and what it means to Canadians. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, MB, Canada. 20 pp.

World Commission on Environment and Development. 1987. Our common future. Oxford University Press, Toronto, ON, Canada. 400 pp.

La qualité des sols

Acton, D.F.; Gregorich, L.J. 1995. Comprendre la santé des sols. dans Acton D.F; Gregorich, L.J., dir. de publ., La santé de nos sols : vers une agriculture durable au Canada. Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, ON, Canada. p. 5 à 10.

Coen, G.M. 1996. Models: how they relate to soil quality indicators. *In* Coen, G.M.; Vanderpluym, H.S., ed., Proceedings of the workshop on Soil Quality Assessment for the Prairies, 22-24 January 1996, Convention Inn, Edmonton, AB, Canada. pp. 14-20.

Doran, J.W; Sarrantonio, M.; Liebig, M.A. 1996. Soil health and sustainability. Advances in Agronomy, 56, 1-54.

Janzen, H.H; Larney, F.J.; Olson, B.M. 1992. Soil quality factors of problem soils in Alberta. *In* Proceedings of the 29th Annual Alberta Soil Science Workshop, 18-20 February 1992, Lethbridge Lodge. Department of Soil Science, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada. pp. 17-28..159

Karlen, D.M.; Mausbach, M.J.; Doran, J.W.; Cline, R.G.; Harris, R.F.; Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 4-10.

Lal, R. 1998. Soil quality and sustainability. *In* Lal, R.; Blum, W.H.; Valentine, C.; Stewart, B.A., ed., Methods for assessment of soil degradation. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Ralton, FL, USA. pp. 17-30.

Leopold, A. 1949. A sand county almanac. Oxford University Press, Inc. (Re-printed in 1970 by Ballantine Books Inc 101 Fifth Ave, New, N.Y., U.S.A. for the Sierra Club, San Francisco, CA, USA. 295 pp.)

Sojka, R.E.; Upchurch, D.R. 1999. Reservations regarding the soil quality concept. Soil Sci. Soc. Am. J., 63, 1039-1054.

L'érosion du sol

Anderson, C.H.; Wenhardt, A. 1966. Soil erodibility, fall and spring. Can. J. Soil Sci., 46, 255-259.

Anderson, C.H. 1968. A comparison of annual crops for seed and residue in the semi-arid region of Western Canada. Can. J. Plant Sci., 48, 287-291.

Anderson, J. 1984. Duststorm. Chinook, 6, 71-73.

Bisal, F.; Ferguson, W.S. 1970. Effect of nonerodible aggregates and wheat stubble on initiation of soil drifting. Can. J. Soil Sci., 50, 31-34.

Busacca, A.J.; McCool, D.K.; Papendick, R.I.; Young, D.L. 1984. Dynamic impacts of erosion processes on productivity of soils in the Palouse. *In* Erosion and soil productivity. ASAE, St. Joseph, MI, USA. Publication 8-85. pp. 152-169.

Busacca, A.J.; Cook, C.A.; Mulla, D.J. 1993. Comparing landscape-scale estimation of soil erosion in the Palouse using Cs-137 and RUSLE. J. Soil and Water Cons., 48(4), 361-367.

Chepil, W.S.; Siddoway, F.H.; Armbrust, D.V. 1962. Climatic index of wind erosion conditions in the great plains. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27(4), 449-452.

de Jong, E.; Villar, H.; Bettany, J.R. 1982. Preliminary investigations of the use of ^{137} Cs to estimate erosion in Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci., 62, 673-683.

Dormaar, J.F.; Lindwall, C.W.; Kozub, G.C. 1986. Restoring productivity to an artificially eroded Dark Brown Chernozemic soil under dryland conditions. Can. J. Soil Sci., 66, 273-285.

Dormaar, J.F.; Lindwall, C.W.; Kozub, G.C. 1988. Effectiveness of manure and commercial fertilizer in restoring productivity of an artificially eroded Dark Brown Chernozemic soil under dryland conditions. Can. J. Soil Sci., 68, 669-679.

Dormaar, J.F.; Lindwall, C.W.; Kozub, G.C. 1997a. Role of continuous wheat and amendments in ameliorating an artificially eroded Dark Brown Chernozemic soil under dryland conditions. Can. J. Soil Sci., 77, 271-279.

Dormaar, J.F.; Lukow, O.M.; Lindwall, C.W.; Kozub, G.C. 1997b. Effect of an artificially eroded Dark Brown Chernozemic soil and subsequent amendments on the milling and baking quality of wheat under dryland conditions. Can. J. Soil Sci., 77, 27-32.

Dyck, F.B. 1985. Conservation tillage. *In* Proceedings of Soils at Risk Soil Conservation Conference, 23-24 April 1985, Hanna, AB, Canada. pp. 28-37.

Fryrear, D.W.; Armbrust, D.V.; Downes, J.D. 1975. Plant response to wind erosion damage. *In* Proceedings of the 30 th Annual Meeting of the Soil Conservation Society of America (Land Use: Food and Living), 10-13 August 1975, San Antonio, TX, USA.pp. 144-146.

Grover, R. 1991. Source, magnitude and fate of airborne residues. *In* Grover, R.; Cessna, A., ed., Environmental chemistry of herbicides volume II. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 89-117.

Johnston, A.M; Larney, F.J.; Lindwall, C.W. 1994. Impact of long-term summerfallow practices in southern Alberta. Predicting crop residue in cropping systems. *In* Proceedings of the Soils and Crops Workshop, 24-25 February 1994, University of Saskatchewan. Saskatchewan Advisory Council on Soils and Agronomy and the University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada. pp. 15-20.

Johnson, L.C. 1987. Soil loss tolerance: fact or myth. J. Soil and Water Cons., 42(3), 155-160.

King, D.J.; Wall, G.W.; Shelton, I.J. 1999. Tillage erosion in Canada: a soil degradation indicator. Soil Degradation Working Group, Agriculture and Agri-Food Canada. 16 pp.

Kiss, J.J.; de Jong, E.; Rostad, H.P.W. 1986. An assessment of soil erosion in west-central Saskatchewan. Can. J. Soil Sci., 66, 591-600.

Larney, F.J.; Lindwall, C.W.; Izaurralde, R.C.; Moulin, A.P. 1994a. Tillage systems for soil and water conservation on the Canadian Prairie. *In* Carter, M.R., ed., Conservation tillage in temperate agroecosystems. Lewis Publishers, Boca Ralton, FL, USA. pp. 305-328.

Larney, F.J.; Lindwall, C.W.; Bullock, M.S. 1994b. Fallow management and overwinter effects on wind erodibility in southern Alberta. Soil Sci. Am. J., 58, 1788-1794.

Larney, F.J.; Izaurralde, R.C.; Janzen, H.H.; Olson, B.M.; Solberg, E.D.; Lindwall, C.W.; Nyborg, M. 1995a. Soil erosion-crop productivity relationships for six Alberta soils. J. Soil and Water Cons., 50(1), 87-91.

Larney, F.J.; Bullock, M.S.; McGinn S.M.; Fryrear, D.W. 1995b. Quantifying wind erosion on summer fallow in southern Alberta. J. Soil and Water Cons., 50(1), 91-95.

Larney, F.J.; Cessna, A.J.; Bullock, M.S. 1999. Herbicide transport on wind-eroded sediment. J. Environ. Qual., 28(5), 1412-1421.

Larson, W.E.; Lindstrom, M.J.; Schumacher, T.E. 1997. The role of severe storms in soil erosion: a problem needing resolution. J. Soil and Water Cons., 52(2), 90-95.

Lobb, D.A.; Kachanoski, R.G.; Miller, M.H. 1995. Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape positions measured using ^{137}Cs as a tracer. Can. J. Soil Sci., 75, 211-218.

Matsumura, R.T.; Flocchini, R.G.; Cahill, T.A.; Carvacho, O.; Lu, Z. 1992. Measurement of fugitive PM ^{10} emissions from selected agricultural practices in the San Joaquin Valley. Transactions of the air and waste management association. pp. 417-432.

McConkey, B. 1999. AAFC Semiarid Prairie Agricultural Research Centre, Swift Current, SK, Canada. Personal communication, 5 December 1999..161

Moulin, A.P.; Anderson, D.W.; Mellinger, M. 1994. Spatial variability of wheat yield, soil properties and erosion in hummocky terrain. Can. J. Soil Sci., 74, 219-228.

Nicholaichuk, W.; Read, D.W. 1978. Nutrient runoff from fertilized and unfertilized fields. Western Can. J. Environ. Qual., 7(4), 542-544.

Novotny, V.; Chesters, G. 1989. Delivery of sediment and pollutants from nonpoint sources: a water quality perspective. J. Soil and Water Cons., 44, 568-576.

Pennock, D.J.; de Jong, E. 1987. The influence of slope curvature on soil erosion and deposition in hummocky terrain. Soil Science, 144(3), 209-217.

Pennock, D.J.; de Jong, E. 1990. Rates of soil redistribution associated with soil zones and slope classes in southern Saskatchewan. Can. J. Soil Sci., 70, 325-334.

Rasmussen, P.E.; Douglas, C.L., Jr. 1991. Effect of rill erosion during early vegetative growth on winter wheat yield. Agronomy J., 83, 729-732.

Shaykewich, C.F.; Hargrave, A.P.; Wahome, E.K. 1991. Effect of antecedent soil moisture on rainfall erosion in Manitoba. *In* Proceedings of the 34 th Annual Manitoba Society Soil Science Meeting, 7-8 January 1991, Winnipeg, MB, Canada. pp. 202- 219.

Sutherland, R.A.; de Jong, E. 1990. Quantification of soil redistribution in cultivated fields using caesium-137, Outlook, SK. Catena Supplement, 17, 177-193.

Tessier, S.; Peru, M.; Dyck, F.B.; Zentner, F.P.; Campbell, C.A. 1990. Conservation tillage for spring wheat production in semi-arid Saskatchewan. Soil and Tillage Research, 18, 73-89.

Thiessen, D. 1990. R.M. of Morris, MB, Personal communication. 4 December 1990.

Utah Department of Environmental Quality. n.d. Fugitive dust control. Partnership for the environment a UDEQ fact sheet. Available from http://www.deq.state.ut.us/eqoas/library/ fugdust.html; INTERNET. Cited 7 October 1998.

van Vliet, L.J.P.; Hall, J.W. 1991. Effects of two crop rotations on seasonal runoff and soil loss in the Peace River region. Can. J. Soil Sci., 71, 533-544.

Verity, G.E.; Anderson, D.E. 1990. Soil erosion, effects on soil quality and yield. Can. J. Soil Sci., 70, 471-484.

Wheaton, E. 1995. Particulate air pollution: issues, knowledge gaps and recommendations (Chapter 6). *In* Wheaton, E.; Wallace, K.; Wittrock, V.; Shewchuk, S.R.; Perras, D., Air quality assessment in Saskatchewan. Saskatchewan Research Council (SRC), Saskatoon, SK, Canada. SRC Publication No. E-2900-9-C-95. pp. 77-123.

Wischmeier, W.H. 1962. Storms and soil conservation. J. Soil and Water Cons., 17, 55-59.

La salinité

Alberta Agriculture. 1986. Dryland saline seep control. Alberta Agriculture, Edmonton, AB, Canada. 12 pp. 162

Black, A.L.; Brown, P.L.; Halvorson, A.D.; Siddoway, F.H. 1981. Dryland cropping strategies for efficient water-use to control saline seeps in the Northern Great Plains, USA. Agricultural Water Management, 4, 295-311.

Brealer, E.; McNeal, B.L.; Carter, D.L. 1992. Saline and sodic soils. Springler Verlag, New York, USA. 236 pp.

Brown, P.L.; Halvorson, A.D.; Siddoway, F.H.; Mayland, H.F.; Miller, M.R. 1983. Saline seep diagnosis, control, and reclamation. U.S. Government Printing Office 30. 22 pp.

Christie, H. 1976. Saline seeps on the Peigan Indian Reserve. Unpublished data from Alberta Environment, Lethbridge, AB, Canada.

Eilers, R.G. 1984. The soil salinity mapping guidelines - a progress report to the Expert Committee on Soil Science Working Group on soil degradation. *In* the Proceedings of the 6 th Annual Meeting of the Expert Committee on Soil Survey, Guelph, ON, Canada.

Eilers, R.G.; Eilers, W.D.; Fitzgerald, M.M. 1997. A soil salinity risk index for the Canadian Prairies. Hydrology Journal Special Issue, 5(1), 68-79.

Eilers, W.D. 1998. Soil salinity trends in the 90's. *In* Proceedings of the Soils & Crops ,98 Workshop, Saskatchewan. Advisory Council on Soils & Agronomy and Extension Division, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada. pp. 125-132.

Harker, D.B.; Hecker, F.; Seeman, L.; Elder, R. 1988. Documenting the location and interrelationships of saline/waterlogged lands associated with irrigation districts. *In* Proceedings of the Alberta Soil Science Workshop, Lethbridge, AB, Canada. pp. 251-257.

Harker, D.B.; Penner, L.A.; Harron, W.R.; Wood, R.C.; MacDonald, D. 1996. Long-term dryland salinity trends on the Prairies. Paper presented at the Soil Salinity Assessment Workshop, Lethbridge, AB, Canada. 7 pp.

Henry, L.; Harron, B., Flaten, D. 1987. The nature and management of salt-affected land in Saskatchewan, Ag Dex 518, Saskatchewan Agriculture. p12.

Kwaitkowski, J.; Marciak, L.C.; Wentz, D.; King, C.R. 1995. Salinity mapping for resource management within the County of Wheatland. *In* Proceedings of the 32nd Annual Alberta Soil Science Workshop, Grand Prairie, AB, Canada. pp. 331-345.

Lachapelle, G.; McKenzie, R.C.; Cannon, R.C.; Townsend, B.; Clark, N.F. 1993. Mapping salinity with global positioning and electromagnetic induction meters. *In* Proceedings of the 30 th Annual Alberta Soil Science Workshop, Edmonton, AB, Canada. pp. 167-170.

Lesch, S.M.; Rhoades, J.D.; Lund, J.L.; Corwin, D.L. 1992. Mapping soil salinity using calibrated electromagnetic measurements. Soil Sci. Soc. Am. J., 56, 540-548.

McColl, S.J. 1983. The response of a number of barley genotypes to varying levels of soil salinity. Proceedings of the 1983 Soils and Crops Workshop. University of Saskatchewan, Saskatoon. Publication No.482 Ag Dex No. 510, February 1983.

McColl, S.J.; Harvey, B.L.; Baker, R.J.; Rossnagel, B.G. 1986. Salt tolerance in barley. *In* Proceedings of the Soils and Crops, 86, Saskatoon, SK, Canada. pp. 421-434.

McKenzie, R.C.; Nada, H.G.; Florence, Z.; Woods, S.A. 1994. Salinity tolerance of grasses. 31 st Annual Alberta Soil Science Workshop, Edmonton, AB, Canada.

Miller, M. 1980. Saline seep development and control in Montana: hydrogeological aspects. *In* Dry land salinity and seepage in Alberta. Alberta Agriculture, Lethbridge, AB, Canada. pp. 37-42.

Miller, M.R.; Bahls, L.L. 1976. An overview of saline-seep program in Montana. *In* Proceedings of the Regional Saline Seep Control Symposium, Montana State University Bulletin 1132, pp. 13-17.

Miller, M.R.; Schmidt, F.A.; Smith, D.J.; Shaw, R.; Sullivan, P.P. 1974. Saline-seep development, hydrologic response, and ground-water quality on the Highwood Bench, Montana. Montana Bureau of Mines and Geology, Open-File Report HY-74-1. 415 pp.

Rhoades, J.D.; Corwin, D.L. 1984. Monitoring soil salinity. J. Soil and Water Cons., 39(3), 173-175.

Richards, L.A., ed. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture Handbook No. 60. 160 pp.

Steppuhn, H.; Curtin, D. 1992. Approaches toward improving saline soils. *In* Proceedings of the 29 th Annual Alberta Soil Science Workshop, Lethbridge, AB, Canada. pp. 41-56.

Steppuhn, H. 1996. What is soil salinity? *In* Proceedings of the Soil Salinity Assessment Workshop, Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Alberta Dryland Salinity Control Association, Prairie Salinity Network, Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge, AB, Canada.

Steppuhn, H.; Wall, K.G. 1996. Wheat yield responses to slightly and moderately saline rooting media. *In* Proceedings of the Soils and Crops '96, Saskatoon, SK, Canada. pp. 265-271.

Steppuhn, H.; Wall, K.G. 1999. Canada's salt tolerance testing laboratory. Canadian Agricultural Engineering, 41, 185-189.

Theile, J.; LeSann, A. 1995. Forage salinity tolerance plots - The Pas, Manitoba. *In* Proceedings of the 38 th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting, Winnipeg, MB, Canada. pp. 141-146.

United States Department of Agriculture. 1954. Agriculture Handbook No. 60.

van Der Kamp, G.; Stolte, W.J.; Clark, R.G. 1998. Drying out of small prairie wetlands after conversion of their catchments from cultivation to permanent brome grass. [Revised August 1998 for publication in Journal of Hydrological Sciences].

VanderPluym H.; Harron, B. 1992. Dryland salinity investigation procedures manual. Conservation and Development Branch, Alberta Agriculture, Edmonton, AB, Canada.

Wilson, F.H. 1964. University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada. Masters Thesis.

Wood, C. 1997. Perennial forages for salinity control. Soil Management Conference, Hanna, AB, Canada.

Woods, S.A.; McKenzie, R.C.; Clark, N.F. 1993. Management of saline soils by selection of saline tolerant species. *In* Proceedings of the 30 th Annual Alberta Soil Science Workshop, Edmonton, AB, Canada. pp. 188-193.

Boehm, M.M.; Anderson, D.W. 1997. A landscape-scale study of soil quality in three prairie farming systems. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 1147-1159.

Bolinder, M.A.; Angers, D.A.; Gregorich, E.G.; Carter, M.R. 1999. The response of soil quality indicators to conservation management. Can. J. Soil Sci., 79, 37-45.

Bremer, E.; Janzen, H.H.; Johnston, AM. 1994. Sensitivity of total; light fraction; and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. Can. J. Soil Sci., 74, 131-138.

Campbell, C.A.; Biederbeck, V.O.; Wen, G.; Zentner, R.P.; Schoenau, J.; Hahn, D.L. 1999a. Seasonal trends in selected soil biochemical attributes: effects of crop rotation in the semiarid Prairie. Can. J. Soil Sci., 79, 73-84.

Campbell, C.A.; Janzen, H.H.; Juma, N.G. 1997a. Case studies of soil quality on the Canadian Prairies: long-term field experiments. *In* Gregorich, E.G.; Carter, M.R., ed., Soil quality for crop production and ecosystem health. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. pp. 351-397.

Campbell, C.A.; Lafond, G.P.; Biederbeck, V.O.; Wen, G.; Schoenau, J.; Hahn, D.L. 1999b. Seasonal trends in soil biochemical attributes: effects of crop management on a Black Chernozem. Can. J. Soil Sci., 79, 85-97.

Campbell, C.A.; Lafond, G.P.; Zentner, R.P.; Biederbeck, V.O. 1991b. Influence of fertilizer and straw baling on soil organic matter in a thin Black Chernozem in Western Canada. Soil Biology and Biochemistry, 23, 443-446.

Campbell, C.A.; McConkey, B.G.; Biederbeck, V.O.; Zentner, R.P.; Tessier, S.; Hahn, D.L. 1997b. Tillage and fallow frequency effects on selected soil quality attributes in a coarse-textured Brown Chernozem. Can. J. Soil Sci., 77, 497-505.

Campbell, C.A.; McConkey, B.G.; Zentner, R.P.; Dyck, F.B.; Selles, F.; Curtin, D. 1995. Carbon sequestration in a Brown Chernozem as affected by tillage and rotation. Can. J. Soil Sci., 75, 449-458.

Campbell, C.A.; McConkey, B.G.; Zentner, R.P.; Selles, F.; Curtin, D. 1996. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. Can. J. of Soil Sci., 76, 395-401.

Campbell, C.A.; Schnitzer, M.; Lafond, G.P.; Zentner, R.P.; Knipfel, J.E. 1991a. Thirty-year crop rotations and management practices effects on soil and amino nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J., 55, 739-745.

Campbell, C.A.; Zentner R.P. 1993. Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. Soil Sci. Soc. Am. J., 57, 1034-1040.

Carcamo, A.A.; Juma, N.G.; Izaurralde, R.C.; Modesto, H.S. 1997. Carbon mineralization potential, light organic matter fraction and microbial biomass in two long-term cropping systems at Breton, Alberta. Paper presented at the 34 th Annual Alberta Soil Science Workshop, 18-20 February 1997, Coast Plaza Hotel, Calgary, AB, Canada. 14 pp.

Curtin, D.; Campbell, C.A; Messer, D. 1996. Prediction of titratable acidity and soil sensitivity to pH change. J. Environ. Qual., 25, 1280-1284.

Curtin, D.; Rostad, H.P.W. 1997. Cation exchange and buffer potential of Saskatchewan soils estimated from texture; organic matter and pH. Can. J. Soil Sci., 77, 621-626.

de Jong, E.; Kachanoski, R.G. 1988. Estimates of soil erosion and deposition for some Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci., 68, 111-119.

de Jong, E.; Kowalchuk, T. 1995. The effect of shelterbelts on erosion and soil properties. Soil Science, 159(5), 337-345.

Dinel, H.; Monreal, C.M.; Schnitzer, M. 1998. Extractable lipids and organic matter status in two soil catenas as influenced by tillage. Geoderma 86, 279-293.

Dormaar, J.F. 1975. Susceptibility of organic mater of Chernozemic Ah horizons to biological decomposition. Can. J. Soil Sci., 55, 473-480.

Dormaar, J.F.; Lindwall, C.W.; Kozub, G.C. 1997. Role of continuous wheat and amendments in ameliorating an artificially eroded Dark Brown Chernozemic soil under dryland conditions. Can. J. Soil Sci., 77, 271-279.

Dormaar, JF; Smoliak, S. 1985. Recovery of vegetative cover and soil organic matter during revegetation of abandoned farmland in a semiarid climate. J. Range Mgmt., 38, 487-491.

Dormaar, J.F.; Smoliak, S.; Willms, W.D. 1990. Soil chemical properties during succession from abandoned cropland to native range. J. Range Mgmt., 43, 260-265.

Ellert, BH; Bettany, JR. 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. Can. J. Soil Sci. 75, 529-538.

Ellert, B.H; Janzen, H.H.; McConkey, B.G. 1999. Measuring and comparing soil carbon storage. *In* Lal, R.; Kimble, J.; Follett, R., ed., Assessment methods for soil C pools. Proceedings of the International Workshop, November, 1998, Columbus, Ohio. Ann Arbor Press (formerly CRC Press), Boca Raton, FL, USA (In Press).

Franzluebbers, A.J.; Arshad, M.A. 1997. Soil microbial biomass and mineralizable carbon of water-stable aggregates. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 1090-1097.

Fuller, L.G.; Goh, T.B.; Oscarson, D.W. 1995. Cultivation effects on dispersible clay of soil aggregates. Can. J. of Soil Sci., 75, 101-107.

Gregorich, E.G.; Anderson, D.W. 1985. The effects of cultivation and erosion on soils of four toposequences in the Canadian Prairies. Geoderma, 36, 343-354.

Gregorich, E.G.; Carter, M.R.; Angers, D.A.; Monreal, C.M.; Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Can. J. Soil Sci., 74, 367-385.

Gregorich, E.G.; Greer, K.J.; Anderson, D.W.; Liang, B.C. 1998. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. Soil and Tillage Research, 47, 291-302.

Gregorich, E.G.; Janzen, H.H. 1996. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. *In* Carter, M.R.; Stewart, B.A., ed., Structure and organic matter storage in agricultural soils. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 167-190.

Izaurralde, R.C.; McGill, W.B.; Jans-Hammermeister, D.C.; Haugen-Kozyra, K.L.; Grant, R.F.; Hiley, J.C. 1996. Development of a technique to calculate carbon fluxes in agricultural soils at the Ecodistrict level using simulation models and various aggregation methods. Final Report, Agriculture and Agri-Food Canada Greenhouse Gas Initiative. University of Alberta, Edmonton, AB, Canada. 67 pp.

Janzen, H.H.; Campbell, C.A.; Gregorich, E.G.; Ellert, B.H. 1997. Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems. *In* Lal, R.; Kimble, J.M.; Follet, R.F.; Stewart, B.A., ed., Soil processes and the carbon cycle. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 57-80.

Liang, B.C.; McConkey, B.G.; Campbell, C.A.; Curtin, D.; Lafond, G.P.; Brandt, S.A.; Moulin, A. 1999. Effect of tillage and crop rotations on the light fraction organic carbon and carbon mineralization in Chernozemic soils of Saskatchewan. Paper presented at the Soils and Crops '99, 25-26 February 1999, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada. 6 pp.

Liang, J.; Stewart, J.W.B.; Karamanos, R.E. 1991. Distribution and plant availability of soil copper fractions in Saskatchewan. Can. J. Soil Sci., 71, 89-99.

Malhi, S.S.; Nyborg, M.; Harapiak, J.T.; Heier, K.; Flore, N.A. 1997. Increasing organic C and N in soil under bromegrass with long-term N fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 49, 255-260.

Martel, Y.A.; Paul, E.A. 1974. The use of radiocarbon dating of soil organic matter in the study of soil genesis. Soil Sci. Soc. Am. J., 38, 501-506.

McGill, W.B.; Cannon, K.R.; Robertson, J.A.; Cook, F.D. 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. Can. J. Soil Sci., 66, 1-19.

McGill, W.B.; Dormaar, J.F.; Reinl-Dwyer, E. 1988. New perspectives on soil organic matter quality, quantity, and dynamics on the Canadian Prairies. *In* Land degradation and conservation tillage. Proceedings of the 34 th Annual CSSS/AIC Meeting, 21-24 August 1988. University of Calgary, Calgary, AB, Canada. 17 pp.

McGill, WB; Feng, Y and Izaurralde RC. (In Prep). Soil organic matter dynamics: from past frustrations to future expectations.

Monreal, C.M. 1999. Land Resource Unit, Agriculture and Agri-Food Canada Research Centre, Brandon, MB, Canada. Personal communication, 25 November 1999.

Monreal, C.M.; Kodama, H. 1997. Influence of aggregate architecture and minerals on living habitats and soil organic matter. Can. J. Soil Sci., 77, 367-377.

Monreal, C.M.; Janzen, H.H. 1993. Soil organic carbon dynamics after 80 years of cropping a Dark Brown Chernozem. Can. J. Soil Sci., 73, 133-136.

Nyborg, M.; Solberg, E.D.; Malhi, S.S.; Izaurralde, R.C. 1995. Fertilizer N, crop residue, and tillage alter soil C and N content in a decade (chapter 8). *In* Lal, R.; Kimble, J.; Levine, E.; Stewart, B.A., ed., Soil management and greenhouse effect. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA. pp. 93-99.

Pennock, D.J.; van Kessel, C. 1997. Effect of agriculture and of clear-cut forest harvest on landscape-scale soil organic carbon storage in Saskatchewan. Can. J. Soil Sci., 77, 211-218.

Reinl, E. 1984. Changes in soil organic carbon due to agricultural land use in Alberta. Department of Soil Science, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada. MSc thesis. 154 pp.

Roberts, T.L.; Bettany, J.R.; Stewart, J.W.B. 1989. A hierarchical approach to the study of organic C, N, P, and S in Western Canadian soils. Can. J. Soil Sci., 69, 739-749.

Sheppard, M.I.; Thibault, D.H. 1992. Desorption and extraction of selected heavy metals from soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 56, 415-423.

Smith, W.N.; Rochette, P.; Monreal, C.M.; Desjardins, R.L.; Pattey, E.; Jaques, A. 1997. The rate of carbon change in agricultural soils in Canada at the landscape level. Can. J. Soil Sci., 77, 219-229.

Soon, Y.K.; Arshad, M.A. 1996. Effects of cropping systems on nitrogen, phosphorus and potassium forms and soil organic carbon in a Gray Luvisol. Biol. Fert. Soils, 22, 184-190.

van Kessel, C.; Farrell, R.E.; Pennock, D.J. 1994. Carbon-13 and nitrogen-15 natural abundance in crop residues and soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. J., 58, 382-389.

Verity, G.E.; Anderson, D.W. 1990. Soil erosion effects on quality and yield. Can. J. Soil Sci., 70, 471-484.

Voroney, R.P.; Paul, E.A.; Anderson, D.W. 1989. Decomposition of wheat straw and stabilization of microbial products. Can. J. Soil Sci., 69, 63-77.

La qualité de l'eau

Alberta Environment. 1997. Alberta ambient surface water quality interim guidelines - January 1997. Alberta Environment, Edmonton, AB, Canada. 5 pp.

Alberta Ministry of Environmental Protection. 1999. 1998/99 annual report. Alberta Environment, Edmonton, AB, Canada. 128 pp.

Anderson, A.M., Saffran, K.A.; Byrtus, G.; Trew, D.O.; 1998c. Impacts of agriculture on surface water quality in Alberta. Part III: pesticides in small streams and lakes. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 52 pp.

Anderson, A.M. 1995. Overview of pesticide data for Alberta surface waters. Appendix A4 of Phase 2 - selection of soil landscape units and study design considerations for the surface water quality monitoring program. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 92.pp.

Anderson, A.M.; Trew, D.O.; Nielson, R.D.; MacAlpine, N.D.; Borg, R.; Kirtz, J.; Tautchin, M. 1995. Impacts of agriculture on surface waters in Alberta: study design. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 66 pp.

Anderson, A.M., Trew, D.O.; Nielson, R.D.; MacAlpine, N.D.; Borg, R. 1998a. Impacts of agriculture on surface water quality in Alberta. Part I: Haynes Creek study. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 83 pp.

Anderson, A.M., Trew, D.O.; Neilson, R.D.; MacAlpine, N.D.; Borg, R. 1998b. Impacts of agriculture on surface water quality in Alberta. Part II: provincial stream survey. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 91 pp.

Betcher R. 1997. Rural groundwater quality surveys: southern and central Manitoba. Canadian Water Resources Association. Proceedings of Rural Water Quality Symposium, 25-26 March 1997, Winnipeg, MB, Canada. 259 pp.

Buckland, G.D., Chanasyk, D.S.; Sosiak, A.; Ontkean, G.; Greenlee, G.M. 1998. Agricultural impacts on surface water quality in Crowfoot Creek drainage basin. Progress report, January 1998. A joint project for Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Alberta Agriculture Research Institute, Alberta Environmental Protection, Ducks Unlimited Canada, Eastern Irrigation District, Western Irrigation District, and Wheatland County. 9 pp.

Canada-Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Water Quality Committee. 1998. Agricultural impacts on water quality in Alberta - an initial assessment. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 95 pp.

Clifton Associates Ltd. 1996. Shallow groundwater quality survey for the Rosetown mapsheet (72-O). Prepared under the Canada-Saskatchewan Agriculture Green Plan Agreement.

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1997. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Division des recommandations sur la qualité de l'environnement, Ottawa, ON, Canada.

Cross, P.M. 1997. Review of irrigation district water quality. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 106 pp.

Currie, R.S.; Williamson, D.A. 1995. An assessment of pesticide residues in surface waters of Manitoba, Canada. Manitoba Environment. Winnipeg, MB, Canada. Report No. 95-08. 155 pp.

Davis, J.C. 1975. Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. J. Fish. Res. Board Can., 32, 2295-2332.

Donald, D.B.; Syrgiannis, J.; Hunter, F.; Weiss, G. 1999. Agricultural pesticides threaten the ecological integrity of northern prairie wetlands. The Science of the Total Environment, 231, 173-181.

Environment Canada. 1990. Off-farm sediment impacts in the Saskatchewan River Basin. M.A. Carson & Associates, Victoria, BC, Canada. 87 pp.

Environnement Manitoba. 1997. Rapport sur l'état de l'environnement du Manitoba 1997. Environnement Manitoba, Winnipeg, MB, Canada. 207 pp.

Fitch, L. 1999. Fisheries Biologist, Alberta Environment, Lethbridge, AB., Personal Communication.

Fitzgerald, D.A.; Kiely, D.A.; Neilson, R.D.; Shaw, S.; Audette, R.J.; Prior, M.; Ashton, E.; Allison, E. 1997. Alberta farmstead water quality survey. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 39 pp.

Green, D.J. 1996. Surface water quality impacts following winter application of hog manure in the Interlake Region, Manitoba, Canada. Manitoba Environment, Winnipeg, MB, Canada. Water Quality Management Report No. 95-14. 104 pp.169

Green, D.J.; Beck, A.E. 1995. Mercury and other metal residues in fish from the Assiniboine River, Manitoba, Canada. Manitoba Environment, Winnipeg, MB, Canada. Report No. 95-07. 160 pp.

Grift, S. 1997. Project summaries of deep leached nitrates projects. Manitoba Agriculture, Winnipeg, MB, Canada. CMAAS Project Report No. 9281. 32 pp.

Harker, D.B. 1983. Characteristics, trends and surface water quality implications of saline tile effluent. *In* French, R.H., ed., Salinity in water courses and reservoirs. Proceedings of the International Symposium on State-of-the-Art Control of Salinity, Salt Lake City, UT, USA. Butterworth Publishers, Toronto, ON, Canada. pp. 325-334.

Hill, B.D.; Miller, J.J.; Chang, C.; Rodvang, J. 1995. Seasonal variations in herbicide levels detected in shallow Alberta groundwater. J. Environ. Sci. Health, B31, 883-900.

Hill, B.D.; Harker, K.N.; Lindwall, C.W.; Olson, B.M.; Paterson, B.A. 1997. Herbicide leaching into shallow groundwater in central Alberta. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 93 pp.

MacDonnell, L.J.; Guy, D.J. 1991. Approaches to groundwater quality protection in the Western United States. Water Resources Research, 27(3), 259-265.

McGarry, P.T. 1987. The impact of agricultural development on the Valley River Watershed. Natural Resources Institute. University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada. Practicum. 125 pp.

Miller, J.J.; Foroud, N.; Hill, B.D.; Lindwall, C.W. 1995a. Herbicides in surface runoff and groundwater under surface irrigation in southern Alberta. Can. J. Soil Sci., 75, 145-148.

Miller, J.J.; Hill, B.D.; Chang, C.; Lindwall, C.W. 1995b. Residue detections in soil and shallow groundwater after long-term herbicide applications in southern Alberta. Can. J. Soil Sci., 75, 349-356.

Miller, J.J.; Hill, B.D.; Foroud, N.; Chang, C.; Lindwall, C.W.; Riddel, K.M.; Rodvang, S.J.; Buckland, G.D. 1992. Impact of agricultural management practices on water quality. Agriculture and Agri-Food Canada and Alberta Agriculture, Food & Rural Development. Lethbridge, AB, Canada. 128 pp.

Mitchell, P. 1992. Status report on the water quality of Moose Lake. Environmental Quality Monitoring Branch, Alberta Environment, Edmonton, AB, Canada.

Mitchell, P.; Hamilton, H.R. 1982. Assessment of phosphorous export from the Majeau Creek watershed Lac la Nonne. Water Quality Control Branch, Alberta Environment, Edmonton, AB, Canada.

Oldman Basin Water Quality Committee. 1999. May 1998/99 annual report. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Lethbridge, AB, Canada.

Olson, B.M.; McKenzie, R.H.; Jensen, T.; Arshad, M.A.; Jedel, P.; Izaurralde, R.C.; McAndrew, D.W.; Johnson, A.M. 1997. Nitrate leaching in crop rotation studies. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 81 pp.

Rawn, D.F.; Muir, D.C.G. 1997. Temporal trends of pesticides in the South Tobacco Creek Watershed. Canadian Water Resources Association. Proceedings of Rural Water Quality Symposium, 25-26 March 1997, Winnipeg, MB, Canada. 259 pp.

Riddell, K.M.; Rodvang, J. 1992. Soil and groundwater chemistry beneath irrigated land receiving manure applications in southern Alberta. *In* Miller, J.J.; Hill, B.D.; Foroud, N.; Chang, C.; Lindwall, C.W.; Riddel, K.M.; Rodvang, S.J.; Buckland, G.D., Impact of agricultural management practices on water quality. Agriculture and Agri-Food Canada and Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Lethbridge, AB, Canada.

Rodvang, S.J.; Riddell, K.M.; Buckland, G.D. 1992. Monitoring of phenoxy and neutral herbicides in subsurface drain effluent, shallow groundwater and surface runoff in southern Alberta. *In* Miller, J.J.; Hill, B.D.; Foroud, N.; Chang, C.; Lindwall, C.W.; Riddel, K.M.; Rodvang, S.J.; Buckland, G.D., Impact of agricultural management practices on water quality. Agriculture and Agri-Food Canada and Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Lethbridge, AB, Canada. pp. 11-28.

Thompson, W. 1999. Riparian and wetland research program, University of Montana, Missoula, MT, USA. Personal communication.

Waite, D.T.; Grover, R.; Westcott, N.D.; Sommerstad, H.; Kerr, L. 1992. Pesticides in ground water, surface water and spring runoff in a small Saskatchewan watershed. Environmental Toxicology and Chemistry, 11, 741-748.

Les zones riveraines

Adams, B.; Fitch. L. 1998. Caring for the green zone. Riparian areas and grazing management. Cows and Fish Program, Lethbridge, AB, Canada. Pub. No. I-581. 40 pp.

Bryant, L.D. 1979. Livestock response to riparian zone exclusion. University of Idaho. M.S. thesis. 31 pp.

Clary, W.P.; Webster, B.F. 1989. Managing grazing of riparian areas in the Intermountain Region. Intermountain Research Station, Ogden, UT, USA. USDA-Forest Service INT-GTR-427. 11 pp.

Doran, J.W.; Schepers, J.S.; Swanson, N.P. 1981. Chemical and bacteriological quality of pasture runoff. J. Soil and Water Cons., 36, 166-171.

Eastern Canada Soil and Water Conservation Centre. 1995. Buffer strips and water quality: a review of the literature. St. Andre, NB, Canada. 8 pp.

Ehrhart, R.C.; Hansen, P.L. 1997. Effective cattle management in riparian zones: a field survey and literature review. USDI Bureau of Land Management, Montana State Office. Montana BLM Riparian Technical Bulletin No. 3. 92 pp.

Godfrey, S.; Hansen, P.L.; Thompson, W.H. In press. Classification and management of riparian and wetland sites of the Saskatchewan prairie ecozone and parts of adjacent subregions.

Hansen, P.L.; Pfister, R.D.; Boggs, K.; Cook, B.J.; Joy, J.; Hinckley, D.K. 1995. Classification and management of Montana's riparian and wetland sites. University of Montana Publication No. 54. 646 pp.

Harrison, T.; Lynn, N. Inventory of riparian areas in southern Saskatchewan. 1996. Unpublished Canada-Saskatchewan Agricultural Green Plan Agreement Report. 22 pp.

Heathman, G.L.; Ahuja, L.R.; Lehman, O.R. 1985. The transfer of soil-surface applied chemicals to runoff. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 28, 1909-1915.

Helps-Lammers, H.; Robsin, D.M.; Miller, M.H. 1991. Literature review and summary pertaining to buffer strips. Agriculture Canada, Guelph, ON, Canada. 46 pp.

Kaufmann, J.B.; Krueger, W.C. 1984. Livestock impacts on riparian ecosystems and streamside management implications - a review. J. Range Mgmt., 37(5), 430-437.

Kovalchik, B.L.; Elmore, W. 1992. Effects of cattle grazing systems on willow-dominated plant associations in central Oregon. *In* Clary, W.P.; McArthur, E.D.; Bedunah, D.; Wambolt, C.L.; ed., Proceedings of the Symposium on Ecology and Management of Riparian Shrub Communities. Intermountain Research Station, Ogden, UT, USA. USDA-Forest Service INT-GTR-289. pp. 111-119.

Marlow, C.B. 1985. Controlling riparian zone damage with little forage loss. Montana Ag. Research, 2(3), 1-7.

National Resource Conservation Service. 1999. Buffer strips: common sense conservation. Available from http://www.nhq.nrcs.usda.gov/CCS/Buffers.html; INTERNET. Cited 30 October 1999.

Platts, W.S. 1990. Managing fisheries and wildlife on rangelands grazed by livestock. Nevada Department of Wildlife. 500 pp.

Riparian and Wetland Research Project. 1999. RWRP lentic health assessment codes and instructions. University of Montana, Missoula, MT, USA. 15 pp.

Schepers, J.S.; Francis, D.D. 1982. Chemical water quality of runoff from grazing land in Nebraska: I. Influence of grazing livestock. J. Environ. Qual., 11, 351-354.

Sheeter, G.; Svejcar, T. 1997. Streamside vegetation regrowth after clipping. Rangelands, 19(1), 30-31.

Sopuck, T. 1999. Société protectrice du patrimoine écologique du Manitoba, Winnipeg, MB, Canada. Communication personnelle.

Stephenson, G.R.; Street, L.V. 1978. Bacterial variations in streams from a southwest Idaho rangeland watershed. J. Environ. Qual., 7(1), 150-157.

Thompson, W. 1999. Riparian and wetland research program, University of Montana, Missoula, MT, USA. Personal communication.

United States Department of Agriculture - Bureau of Land Management. 1998. Process of assessing proper functioning condition.

Les parcours et les cultures fourragères

Abouguendia, Z. 1990. A practical guide to planning for management and improvement of Saskatchewan rangeland. Sask. Agriculture Development Fund, Regina, SK, Canada. 52 pp.

Agriculture et agroalimentaire Canada. 1997. Biodiversité en agriculture : plan d'action d'Agriculture et agroalimentaire Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Ottawa, ON, Canada. 45 p.

Anderson D.W.; Coleman, D. 1985. The dynamics of organic matter in grassland soils. J. Soil and Water Cons., 40(2), 211-216.

Bai, Y.; Abouguendia, Z.; Redman, R.E. In press. Effect of grazing on plant species diversity of grasslands in Saskatchewan. 13 pp.

Bowes, G. 1998. Brush on PFRA pastures. Prairie Farm Rehabilitation Administration, Regina, SK, Canada. 19 pp.

Bruce, J.P.; Frome, M.; Haites, E.; Janzen, H.; Lal, R.; Paustian, K. 1998. Carbon sequestration in soils. Proceedings of the Soil and Water Conservation Society's Carbon Sequestration in Soils Workshop, Calgary, AB, Canada. 31 pp.

Comité de rétablissement des espèces canadiennes en péril. 1998. Rescapé, rapport n° 8. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Ottawa, ON, Canada. 52 p.

Coupland, R.T. 1970. Matador project - international biological programme - third anual report. University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada. 109 pp.

Dormaar J.F.; Adams, B.W.; Willms, W.D. 1996. Impact of rotational grazing on mixed prairie soils and vegetation. J. Range Mgmt., 50, 647-651.

Dormaar, J.F.; Naeth, M.A.; Willms, W.D.; Chanasyk, D.S. 1995. Effect of native prairie, crested wheatgrass and Russian wildrye on soil chemical properties. J. Range Mgmt., 48(3), 258-263.

Dormaar, J.F.; Willms, W.D. 1998. Effect of forty-four years of grazing on fescue grassland soils. J. Range Mgmt., 51(1), 122-126.

Godwin, B.J.; Thorpe, J.; Pivnick, K.; Bantle, J. 1998. Conservation and enhancement of on-farm wildlife habitat and biodiversity. Saskatchewan Research Council, Saskatoon, SK, Canada. 136 pp.

Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. Cadre écologique national pour le Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques et Environnement Canada, Direction générale de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones, Ottawa/Hull. Rapport et carte nationale 1/7 500 000.

Heady, H.F. 1975. Range management. McGraw-Hill Book Company, New York, USA. 519 pp.

Heitschmidt, R.K. 1993. Rangeland agriculture - is it sustainable? *In* Proceedings of the Managing Canadian Rangelands for Sustainability and Profitability, Saskatoon, SK, Canada. pp. 63-74.

Herrick, J.E.; Whitford, W.G. 1995. Assessing the quality of rangeland soils: changes and opportunities. J. Soil and Water Cons., 50(3), 237-242.

Horton, P.R. 1994. Range resources in the Canadian context. *In* Proceedings of Managing Canadian Rangelands for Sustainability and Profitability, Saskatoon, SK, Canada. pp. 16-30.

Howden, T. 1998. Unpublished analysis. PFRA, Regina, SK, Canada. 6 pp.

Kirychuk, B.; Curry, P.; Foster, A.; Bowes, G.; Lardner, B. 1997. Rejuvenation of tame forages: parklands. Saskatchewan Agriculture and Food, Regina, SK, Canada. 33 pp.

Manske, L.L. 1994. Ecological management of grassland defoliation. *In* Managing Canadian rangelands for sustainability and profitability. Proceedings of the First Interprovincial Range Conference in Western Canada. Grazing and Pasture Technology Program. pp. 130-136.
O'Connor, T.G. 1995. What role for biodiversity in the sustainable use of rangelands in developing countries? *In* Proceedings of the Fifth International Rangeland Congress Vol. II., Salt Lake City, Utah, USA. pp. 117-120.

Pepper, G.W.; Gauthier, D.A. 1998. Saskatchewan prairie biodiversity study. Canada-Saskatchewan Agricultural Green Plan Agreement. 16 pp.

Prairie Conservation Action Plan Committee. 1998. Saskatchewan Prairie Conservation Action Plan. Canadian Plains Research Centre, University of Regina, Regina, SK. 31 pp.

Redmann, R.E.; Pylypec, B.; Abouguendia, Z.M. 1994. Comparative herbage yields of eight seeded grasses at Saskatoon, Saskatchewan. *In* Managing Canadian rangelands for sustainability and profitability. Proceedings of the First Interprovincial Range Conference in Western Canada. Grazing and Pasture Technology Program. pp. 106-114.

Robertson, A; Adams, B.W. 1990. Two worksheets for range vegetation for range vegetation monitoring. Range Notes Issue No. 8. Public Lands Division, Alberta Forestry, Lands and Wildlife.11 pp.

Solbrig, O.T. 1995. The rangeland services of biodiversity. *In* Proceedings of Fifth International Rangeland Congress, Vol. II., Salt Lake City, UT, USA. Harvard University. pp. 113-116.

United States Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service. 1997. National range and pasture handbook.

Whitehead, D.C. 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. Commonwealth Bureau of Pasture and Field Crops, Berkshire, England. pp. 33-37.

Wroe, R.A.; Smoliak, S.; Adams, B.W.; Willms, W.D.; Anderson, M.L. 1988. Guide to range condition and stocking rates for Alberta grasslands. Alberta Forestry, Lands, and Wildlife. 33 pp.

Acton, D.F.; Padbury, G.A.; Stushnoff, C.T. 1998. The ecoregions of Saskatchewan. Canadian Plains Research Center, University of Regina, Regina, SK, Canada. 205 pp.

Alberta Agriculture, Food and Rural Development website. 1999. Available at http://www.agric.gov.ab.ca; INTERNET.

Brocke, L.C. 1977. The Canada land inventory. Soil capability for agriculture in Alberta. Alberta Environment, Edmonton, AB, Canada. 24 pp.

Canada Soil Survey Committee. 1978. The Canadian system of soil classification. Research Branch, Agriculture Canada. Publication 1646. 164 pp.

Centre for Land Biological Resources Research. 1996. Soil Landscapes of Canada, v.2.2. Research Branch, Agriculture Canada. Ottawa, ON, Canada.

Cross, P.M., Neilson, R.D.; MacAlpine, N.D.; Borg, R.; Trew, D.O.; Anderson, A.M.; Kirtz, J.; Tautchin, M. 1995. Impacts of agriculture on surface waters in Alberta: phase 2 - selection of soil landscape units and study design considerations for the surface water quality monitoring program. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 51 pp.174

Dumanski, J.; Kirkwood, V. 1988. Crop production risks in the Canadian Prairie region in relation to climate and land resources. Research Branch, Agriculture Canada. Technical Bulletin 1988-5E. 144 pp.

Eilers, R.G.; Eilers, W.D., Fitzgerald, M.M. 1997. A soil salinity risk index for the Canadian Prairies. Hydrology Journal Special Issue, 5(1), 68-79.

Hiley, J.C. 1999. Les agriculteurs vivent de la générosité de la nature. dans Gaye, W., éd., Un coup d'oeil sur l'agriculture. Statistique Canada, Ottawa, ON, Canada. n°. 96-325-XPB. p. 191-195.

Hiley, J.C.; Marciak, L.C.; Beever, D.L.; King, C.R. 1994. Agricultural production profiles of land systems within the County of Stettler, Alberta. Agriculture and Agri-Food Canada and Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Edmonton, AB, Canada. Centre for Land and Biological Resources Research Contribution No. 94-34. 55 pp.

Huffman, E.C.; Kirkwood, V.; Hiley, J.C.; Toogood, K.E. 1993. Assessment of cropping systems in Manitoba using agroecological resource regions. Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, ON, Canada. Technical Bulletin 1993-4E. 53 pp.

Neave, P.; Neave, E.; Weins, T.; Riche, T. 1999. Disponibilité de l'habitat faunique sur les terres agricoles (chapitre 15). dans L'agriculture écologique durable au Canada, rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux, 2000 (à l'impression).

Saskatchewan Agriculture and Food website. 1999. Available at http://www.agr.gov.sk.ca; INTERNET.

Shields J.A.; Tarnocai, C.; Valentine, K.W.G.; MacDonald, K.B. 1991. Pédo-paysages du Canada : guide de l'utilisateur. Centre de recherches sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa, ON, Canada. Publication 1868/F. 82 p.

Toogood, J.A.; Cairns, R.R. 1973. Solonetzic soils technology and management. University of Alberta, Edmonton, AB, Canada. Bulletin B-73-1. 92 pp.

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1995a. Stratégie environnementale nationale pour le secteur agricole et agroalimentaire/préparé pour les ministres fédéraux et provinciaux de l'agriculture. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, ON, Canada. Cat. n°. A22-158/1995. 45 p.

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1997. Agriculture en harmonie avec la nature : stratégie pour un environnement agricole et agroalimentaire durable au Canada. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Ottawa, ON, Canada. 76 p.

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2000. Réduire les émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture canadienne. Table de concentration de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique, janvier 2000.

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la santé, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques. 1995b. La santé de nos sols : vers une agriculture durable au Canada. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, ON, Canada. 139 p.

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale des politiques, Direction de l'analyse économique et stratégique. 1998. Défis et répercussions associés à l'atteinte des objectifs du CCCPA pour les exportations de produits agroalimentaires d'ici l'an 2005. Direction générale des politiques de l'AAC, Ottawa, ON, Canada. 62 p.

Canada West Foundation. 1997. Renewal of food processing in Western Canada. p. 1.

Dorosh, M.W. 1998. If you ask me. Winnipeg Agriweek, 20 July 1998.

Dubgaard, A. 1991. The Danish nitrate policy in the 1980s. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, København. Rapport nr. 59. 45 pp.

Duncan, S. 1997. Renewal of food processing in Western Canada. Agri-food west: assessing challenges and opportunities in the western agri-food sector. Canada West Foundation, Calgary, AB, Canada. p. 1.

Finn, A.; Vincent, J. 1997. Final report: managing our natural resources in Alberta. Growing Alberta. Alberta Agriculture and Food Council, Leduc, AB, Canada. 28 pp.

Gouvernement du Canada. 1990. Le Plan vert du Canada. Approvisionnements et Services Canada. N° En21-94/1990F. 174 p.

Haag, D. 1999. Sands Manure Disposal. Personal communication.

Harker, D.B. 1997. The impact of agriculture on water quality: indicators and policy measures. OECD. *In* Proceedings of the Sustainable Management of Water in Agriculture: Issues and Policies, Athens, Greece. pp. 151-172.

Harker, D.B.; Hill, B.D.; McDuffie, H.H. 1998.The risk agriculture poses to water quality - factors affecting our interpretation of findings. Paper presented at The First International Conference on Children's Health and Environment, Amsterdam, The Netherlands. 12 pp.

Jacques, A.; Neitzert, F.; Boileau, P. 1997. Tendances des émissions de gaz à effet de serre au Canada (1990-1995). Environnement Canada, Direction des données sur la pollution, Direction générale de la prévention de la pollution atmosphérique, Ottawa, ON, Canada.

Kettler, A. 1998. Draft - Relieving water and wastewater based constraints to development in rural Manitoba - infrastructure opportunities. PFRA, Winnipeg, MB, Canada. p. 3.

MacArthur, M. 1998. Alberta embraces off-farm work. Western Producer, 3 September 1998. p. 18.

Manitoba Agriculture and Food. 1999. Hog situation and outlook, 1999-2000. Available from http://www.gov.mb.ca/agriculture/statistics/aac03s02.html; INTERNET. Cited 28 February 2000.

Nations Unies. 1998. Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. FCCP/CP 1997/Add.1. 24 p.

Olfert, M.R.; Stabler, J.C. 1999. The impact of the termination of the crow subsidy in the context of economic restructuring in the East C ntral Region. The Agri-Food Innovation Fund. 78 pp.

Organisation mondiale du commerce. 1998. Un commerce ouvert sur l'avenir. OMC, Genève, Suisse. 68 p.

Prairie Farm Rehabilitation Administration. 1992. Rural Prairie sustainability: a background paper. PFRA. 88 pp.

Prairie Research Associates Inc. 1998. Attitudes toward agriculture, Manitoba: 1998. Agri-Food Network of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada. 42 pp.

Programme des Nations Unies pour l'environnement. 1992. Convention sur la biodiversité biologique. Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Rio de Janeiro. Disponible à l'adresse Internet suivante : http://www.biodiv.org/Index-f.html; INTERNET.

Runge, C.F. 1994. Environmental incentives for agriculture: carrots, sticks and conditionality. For The Environment Directorate, OECD, Paris, France. Center for International Food and Agricultural Policy, Dept. of Agricultural and Applied Economics, University of Minnesota, St. Paul, MN, USA. 45 pp.176

Stabler, J. 1992. Prairie rural development in the 1990s: adjustments, constraints, opportunities. Dept. of Agricultural Economics, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada. 263 pp.

Stabler, J. 1999. Economist, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK. Personal communication.

Statistique Canada. 1997. Recensement de l'agriculture de 1996.

The Advisory Group. 1994. Agriculture and the environment; urban awareness program - Manitoba and Saskatchewan. For AAFC, Manitoba Agriculture, and Saskatchewan Agriculture and Food. 194 pp.

The Advisory Group. 1997. Summary results of the Prairie-wide sustainable agriculture survey. For Agriculture and Agri-Food Canada, Regina, SK, Canada. 31 pp.

Wayland, R. 1990. What progress in improving water quality? J. Soil and Water Cons., 48(4), 261-266.

Wilhite, D.A.; Smith, K.H. 1995. Summary of discussion and recommendations. *In* Proceedings of the Planning for a Sustainable Future: The Case of the North American Great Plains. National Drought Information Center, University of Nebraska, Lincoln, NE, USA. p. 5.

Chapitre 6 : Préparer la croissance

Adams, B.; Fitch. L. 1998. Caring for the green zone. Riparian areas and grazing management. Cows and Fish Program, Lethbridge, AB, Canada. Pub. No. I-581. 40 pp.

Avery, D.T. 1999. Making sense of the future for North American agriculture. Paper presented before the Agriculture Institute for Management in Saskatchewan, Inc. Conference for Farmers. Saskatoon, SK,Canada, 8 February 1999. 13 pp.

Bradshaw, B.; Smit, B. 1997. Subsidy removal and agroecosystem health. Agriculture, Ecosystems and the Environment, 64, 245-260.

Canada-Alberta Environmentally Sustainable Agriculture Water Quality Committee. 1998. Agricultural impacts on water quality in Alberta - an initial assessment. Alberta Agriculture, Food & Rural Development, Edmonton, AB, Canada. 95 pp.

Day, K. 1996. Agriculture's links to biodiversity. Agricultural Outlook, Dec., 1996. Economic Research Service/USDA, pp. 32-37.

Morrison, I.; Kraft, D. 1994. Sustainability of Canada's agri-food system - a Prairie perspective. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, MB, Canada. 168 pp.177

Auteurs

Chapitre 1 : Introduction

Dean Smith, ARAP, Regina

Chapitre 2 : Contexte

Merle Boyle, ARAP, Regina
Jim Tokarchuk, ARAP, Manitoba
Dean Smith, ARAP, Regina
Contributions de : Mark Dumanski, Travis Sulewski

Chapitre 3 : État actuel des terres et des ressources en eau

Mark Wonneck, ARAP, Calgary
Paula Brand, ARAP, Calgary
Malcolm Black, ARAP, Regina
Brant Kirychuk, ARAP, Regina
Bill Bristol, ARAP, Regina
George Chu, ARAP, Regina
Terrie Hoppe, ARAP, Regina
Allen Eagle, ARAP, Dawson Creek
Bill McGill, Université de l'Alberta, Edmonton
Floyd Wilson, Good *SOIL*utions, Winnipeg
V.L. Bailey, Université de l'Alberta, Edmonton

Chapitre 4 : L'utilisation des terres et les systèmes agricoles

Bill Harron, ARAP, Regina
Lawrence Townley-Smith, ARAP, Regina
Glen Shaw, ARAP, Saskatoon
Merle Boyle, ARAP, Regina
Cam Kenny, ARAP, Saskatoon
Mark Dumanski, ARAP, Regina
Malcolm Black, ARAP, Regina

Chapitre 5 : Questions relatives à la gestion des terres

Brook Harker, ARAP, Regina
Marc Bonneau, ARAP, Regina
Rolfe Antonowitsch, ARAP, Regina
Ute Holweger, ARAP, Winnipeg
Elin Viberg, ARAP, Regina
Contributions de : Mark Dumanski, Jason Fradette, Travis Sulewski, Ted Weins

Chapitre 6 : préparer la croissance

Terrie Hoppe, ARAP, Regina
Collaborateurs : Dean Smith, Jill Vaisey

Personnes-ressources

Chapitre 2 : Contexte

Rob Morrison - coordonnateur principal régional des politiques, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), Winnipeg (MB)
Laurie Tollefson – directeur, Centre Canada-Saskatchewan de recherche sur la diversification de l'irrigation (CRDI), Outlook (SK)
Allen Tyrchniewicz – directeur des programmes, Institut international du développement durable (IIDD), Winnipeg (MB)

Chapitre 3 : État actuel des terres et des ressources en eau

N.B. : Les personnes suivantes ont relu une partie ou la totalité du chapitre.

Dr. Zoheir Abouguendia - directeur, Programme de technologie de la pâture et des pâturages, Saskatoon (SK)
Barry Adams – spécialiste de la gestion des pâturages - Alberta Agriculture Food and Rural Development (AAFRD), Lethbridge (AB)
Dr. Anne-Marie Anderson - limnologiste, Alberta Environment, Edmonton (AB)
Dr. Vern Baron - co-président, Western Forage Beef Group, AAC, Lacombe (AB)
Dr. Con Campbell - chercheur, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux - AAC, Ottawa (ON)
Tyler Colberg – conservationniste des ressources, Programme de technologie de la pâture et des pâturages, Saskatoon (SK)
Robert G. Eilers - directeur, Section des ressources foncières, Agriculture Manitoba, Winnipeg (MB)
Tom Harrison - spécialiste des pâturages, Société de protection des terres humides de la Saskatchewan (SWCC), Regina (SK)
Dr. Eltje de Jong - agronome pédologue, Université de la Saskatchewan, Saskatoon (SK)
Richard Januaz - biologiste des pêches, Ressources naturelles Manitoba, Winnipeg (MB)
Dr. David Lobb - agronome pédologue, Université du Manitoba, Winnipeg (MB)
Dr. W.P. McCaughey – chef de programme, Integrated Beef Systems, AAC, Brandon (MB)
Dr. Brian McConkey – chercheur en eau et en sols, Centre de recherches agricoles de la région semi-aride, AAC, Swift Current (SK)
Dan MacDonald – conservationniste des ressources en terres, Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) - AAC, Brandon (MB)
Duane McCartney - chercheur, Western Forage Beef Group, Lacombe (AB)
Dr. Jim Miller - chercheur, AAC, Lethbridge (AB)
Dr. Carlos Monreal - chercheur, AAC, Winnipeg (MB)
Rob Morrison - coordonnateur principal régional des politiques rurales, AAC, Winnipeg (MB)
David Neilson - chef, Farm Water Management AAFRD, Edmonton (AB)
Tim Sopuck – directeur - Communications, Société protectrice du patrimoine écologique du Manitoba, Winnipeg (MB)
Dr. Harold Steppuhn - chercheur, Centre de recherches sur l'agriculture des prairies semi-aride - AAC, Swift Current (SK)
Fraser Stewart – spécialiste, fourrages, Agriculture Manitoba, Beauséjour (MB)
Laurie Tollefson – directeur, CRDI, Outlook (SK)
Michele Tremblay – spécialiste provincial en plantes fourragères, Agriculture et Agroalimentaire Saskatchewan, Regina (SK)
Garry Trottier – biologiste de la faune, Service canadien de la faune, Edmonton (AB)
Laurens van Vliet - agronome pédologue, Centre de recherches agroalimentaires du Pacifique, Agassiz (CB)
Don Wentz - spécialiste, salinité du sol AAFRD, Lethbridge (AB)

Chapitre 4 : L'utilisation des terres et les systèmes agricoles

Tony Brierley - pédologue, AAFC, Edmonton (AB)
Walter Fraser - agent, ressources en sols, AAC, Winnipeg (MB)
Peter Goode - directeur, Stantec Consulting Ltd., Saskatoon (SK)
Dennis Haak - agronome du district spécialisé en conservation des sols, AAFRD-AAC, Rosetown (SK)
Glenn Padbury - agent principal, ressources en terrains, AAC, Saskatoon (SK)
Laurie Tollefson – directeur, CRDI, Outlook (SK)
Ted Weins – analyste des politiques, ARAP-AAC, Regina (SK)
Mark Wonneck - spécialiste régional de la gestion des eaux, ARAP-AAC, Calgary (AB)

Chapitre 5 : Questions relatives à la gestion des terres

Dr. W.P. McCaughey – chef du programme, Integrated Beef Systems, AAC, Brandon (MB)
G. McPhee - agriculteur, Dauphin (MB)
Rob Morrison – coordonnateur principal de la politique rurale AAFC, Winnipeg (MB)
Ken Panchuk – spécialiste pédologique provincial, Agriculture et Alimentation Saskatchewan, Regina (SK)
H. Schellenberg – économiste spécialisé en politique, Agriculture Manitoba, Winnipeg (MB)
Dr. J. Stabler - économiste, Université de la Saskatchewan, Saskatoon (SK)
Laurie Tollefson – directeur, CRDI, Outlook (SK)
Allen Tyrchniewicz – directeur du programme, IIDD, Winnipeg (MB)
Ross Williams - agriculteur, Regina (SK)

Chapitre 6 : Préparer la croissance

Marc Bonneau – coordonnateur des ressources en sols, ARAP-AAC, Regina (SK)
Merle Boyle – chef de la Section de l'économie, Division des services analytique, ARAP-AAC, Regina (SK)
George Brown – analyste principal des politiques, ARAP-AAC, Regina (SK)

Couverture

Couverture :

N.B. : Sauf sur avis contraire, les photographies sont la propriété de l'ARAP.
Photo de la sauvagine - Canards Illimités Canada
Photo de la rivière – Agriculture et Alimentation Saskatchewan
Photo des porcs - Prairie Swine Centre

Première page des chapitres

Sources des photos – de gauche à droite

Chapitre 1

ARAP; Agriculture et Alimentation Saskatchewan

Chapitre 2

ARAP; ARAP

Chapitre 3

Dave Reede; ARAP; ARAP

Chapitre 4

Dave Reede; ARAP; Dave Reede

Chapitre 5

PFRA; Canards Illimités Canada; Dave Reede

Chapitre 6

ARAP; ARAP

Table de conversion : SI (métrique) - unités de mesure impériales

	Unité SI	Symbole SI	Équivalent impérial
LONGUEUR	1 millimètre	mm	0,0393701 pouce
	1 centimètre	cm	0,393701 pouce
	1 mètre	m	3,28084 pieds
	1 kilomètre	km	0,621371 mille
SUPERFICIE	1 hectare	ha	2,47105 acres
	1 square kilomètre	km^2	0,386102 mille carré
VOLUME	1 litre	l	0,219969 gallon impérial
TEMPÉRATUR	degrés Celcius	°C	degrés Fahrenheit 1,°C + 32
POIDS	1 gramme	g	0,03527 once
	1 kilogramme	kg	2,20462 livres
	1 tonne métrique	t	1,102311 tonne